

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов  
Медицинский университет»

**А.И. ЖЕБЕНТЯЕВ**  
**А.К. ЖЕРНОСЕК**  
**И.Е. ТАЛУТЬ**

# **АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

**В ВОПРОСАХ, ЗАДАЧАХ И  
ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЯХ**

Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по высшему медицинскому, фармацевтическому образованию  
в качестве пособия для студентов учреждений  
высшего образования, обучающихся  
по специальности 1-79 01 08 «Фармация»

**Витебск 2018**

УДК 543(072)

ББК 52.84я7

Ж 44

Р е ц е н з е н т ы:

Кафедра фармацевтической химии УО «Белорусский государственный медицинский университет» (заведующий кафедрой – кандидат фармацевтических наук, доцент Яранцева Н.Д.);

Чиркин А.А., профессор кафедры химии Витебского государственного университета, доктор биологических наук.

ЖЕБЕНТЯЕВ, А.И.

Ж 44 Аналитическая химия в вопросах, задачах и тестовых заданиях:

пособие/ А.И. Жебентяев, А.К. Жерносек, И.Е. Талуть. - Витебск: ВГМУ.

2018 – 173 с.

ISBN 978-985-466-922-9

В пособии даны вопросы, задачи и тестовые задания по основным разделам аналитической химии для самостоятельной работы студентов при подготовке к лабораторным занятиям и курсовому экзамену. Приведены примеры решения типовых задач.

Пособие предназначено для студентов дневной и заочной форм получения высшего фармацевтического образования.

ISBN 978-985-466-922-9

©Жебентяев А.И., Жерносек А.К.,  
И.Е.Талуть И.Е., 2018

© УО «Витебский государственный  
медицинский университет», 2018

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
<b>ЧАСТЬ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ</b>	
РАЗДЕЛ 1. ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ.....	5
Химическое равновесие в аналитической химии.....	5
Протолитические равновесия.....	8
Равновесия комплексообразования.....	13
Равновесия «осадок – раствор».....	17
Окислительно – восстановительные равновесия.....	19
Пробоотбор и пробоподготовка.....	21
Методы разделения и концентрирования.....	22
РАЗДЕЛ 2. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ.....	25
РАЗДЕЛ 3. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ.....	34
<b>ЧАСТЬ II. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА</b>	
РАЗДЕЛ 1. ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ.....	49
Аналитическая химия и хеометрика.....	49
Гравиметрический метод анализа.....	53
Общая характеристика титриметрических методов анализа.....	55
Кислотно-основное титрование.....	57
Комплексометрическое титрование.....	64
Осадительное титрование.....	67
Методы окислительно-восстановительного титрования.....	70
РАЗДЕЛ 2. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ.....	75
РАЗДЕЛ 3. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ.....	81
<b>ЧАСТЬ III. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА</b>	
РАЗДЕЛ 1. ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ.....	101
Спектрометрические методы анализа.....	101
Хроматографические методы анализа.....	109
Электрохимические методы анализа.....	117
РАЗДЕЛ 2. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ.....	122
РАЗДЕЛ 3. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ.....	125
ГЛОССАРИЙ.....	140
ЛИТЕРАТУРА.....	172
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	174

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Преподавание аналитической химии в высших фармацевтических учебных заведениях направлено на изучение теоретических основ аналитической химии, освоение методик химического анализа с применением химических и инструментальных методов аналитической химии.

Основные задачи аналитической химии вытекают из сущности этой науки – разработка и совершенствование методов анализа объектов различного химического состава. По характеру измеряемого свойства или по способу регистрации аналитического сигнала методы аналитической химии классифицируют на химические и инструментальные (физико-химические).

Знание теоретических основ аналитической химии и владение практическими навыками химического анализа необходимо студентам для последующего изучения специальных фармацевтических дисциплин – фармацевтической и токсикологической химии, фармакогнозии и фармацевтической технологии.

В настоящем пособии представлены вопросы, задачи и тестовые задания по основным разделам аналитической химии: теоретические основы аналитической химии, химические и инструментальные методы анализа.

В Приложении приведены значения важнейших физико-химических констант и других показателей, которые необходимы при решении задач.

Предлагаемое пособие подготовлено для самостоятельной работы студентов при подготовке к лабораторным занятиям, а также при подготовке к курсовому экзамену по аналитической химии.

Авторы с благодарностью примут все замечания и предложения по данному пособию.

# ЧАСТЬ I

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

### РАЗДЕЛ 1. ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ

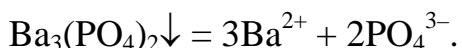
#### ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

1. Что такое идеальный раствор? Что такое активность и зачем она необходима?

2. Что такое равновесная и общая концентрация? Как называется отношение равновесной концентрации определённой формы вещества к его общей концентрации?

3. Что такое коэффициент активности (молярный, моляльный, рациональный)?

4. Что такое термодинамическая константа химического равновесия? Напишите математическое выражение, связывающее термодинамическую и реальную концентрационную константу равновесия



5. Что такое среднеионный и индивидуальный коэффициент активности? Какой из них можно определить экспериментально?

6. Что такое условная константа химического равновесия? Какие факторы влияют на её величину? Напишите математическое выражение, связывающее условную и реальную концентрационные константы равновесия  $\text{Zn}^{2+} + \text{Y}^{4-} = \text{ZnY}^{2-}$ , где  $\text{Y}^{4-}$  – анион этилендиаминтетрауксусной кислоты.

7. Что такое ионная сила? Для каких электролитов величина ионной силы совпадает с концентрацией?

8. Что такое уравнение материального баланса? Почему это уравнение оказывается справедливыми только для равновесных концентраций, но не для активностей?

9. Какие допущения были положены в основу предельного закона Дебая-Хюккеля? Что такое ионная атмосфера?

10. Что такое уравнение электронейтральности?

11. Напишите уравнение электронейтральности для водного раствора, в котором присутствуют частицы  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{Zn}(\text{NH}_3)^{2+}$ ,  $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2^{2+}$ ,  $\text{Zn}(\text{NH}_3)_3^{2+}$ ,  $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ ,  $\text{Zn}(\text{NH}_3)_5^{2+}$  и  $\text{Zn}(\text{NH}_3)_6^{2+}$ .

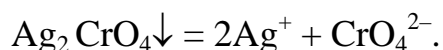
12. Почему при увеличении ионной силы её влияние на активность электролита приходится описывать всё более сложными уравнениями. Напишите формулу расширенного уравнения Дебая-Хюккеля для расчёта

коэффициентов активности индивидуальных ионов? Какой смысл имеет коэффициент « $a$ » в данном уравнении?

13. Что такое ступенчатая константа равновесия? Напишите выражения для ступенчатых концентрационных констант образования комплексного иона  $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ .

14. Что такое химическое равновесие? Приведите термодинамический и кинетический критерии равновесия.

15. Что такое реальная концентрационная константа химического равновесия? Какие факторы влияют на её величину? Напишите математическое выражение, связывающее реальную концентрационную и термодинамическую константы равновесия:



16. Для большинства химических реакций концентрации участвующих в них веществ входят в уравнение закона действия масс для скорости химической реакции в степенях, отличных от их стехиометрических коэффициентов. Почему в случае константы химического равновесия равновесные концентрации всегда входят в выражение константы химического равновесия в степенях, равных их стехиометрическим коэффициентам?

17. Что такое общая константа равновесия? Напишите выражение для общей концентрационной константы образования комплексного иона  $[\text{HgI}_4]^{2-}$ . Существует ли равновесие, описываемое данной константой?

18. Приведите вывод формулы для константы химического равновесия (закона действия масс для химического равновесия) с использованием термодинамических представлений.

19. Что такое распределительная диаграмма, концентрационно-распределительная диаграмма? Постройте распределительную диаграмму для аммиака (водный раствор).

20. Напишите уравнение изобары химической реакции. При увеличении температуры константа равновесия также увеличилась. Сделайте вывод о  $\Delta H$  прямой и обратной реакции.

21. Приведите примеры химических равновесий, используемых в аналитической химии (протолитических, комплексообразования, окислительно-восстановительных, равновесий образования и растворения осадков) и соответствующих им констант. Что такое  $pK$ ?

22. Рассчитайте активность иона  $\text{SO}_4^{2-}$  в растворе, содержащем в 2,00 л 4,74 г алюмокалиевых квасцов  $/\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}/$ .

23. Рассчитайте ионную силу раствора, полученного при смешивании 60 мл  $2,0 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{KNO}_3$  и 40 мл  $1,0 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .

24. Рассчитайте ионную силу раствора, полученного при смешивании равных объёмов  $1,0 \cdot 10^{-1}$  М  $\text{NH}_3$  и 1,0 М  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

25. Рассчитайте коэффициент активности иона водорода в  $5,0 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{HClO}_4$ .

26. 1,00 л  $1,0 \cdot 10^{-3}$  М HCl растворили 0,15 г KCl. Рассчитайте активность иона водорода в полученном растворе.

27. Рассчитайте активность иона  $\text{Ca}^{2+}$  в растворе, полученном при смешивании равных объёмов  $1,0 \cdot 10^{-3}$  М  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .

28. Рассчитайте активность иона водорода (моль/л) в растворе с массовой концентрацией хлорной кислоты 1,20 г/л. Сколько граммов перхлората натрия необходимо растворить в 500 мл этого раствора, чтобы получить раствор с ионной силой  $5,0 \cdot 10^{-2}$ .

29. Рассчитайте активность нитрат-иона в растворе, полученном при смешивании 250 мл  $1,0 \cdot 10^{-3}$  М  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ , 250 мл  $2,0 \cdot 10^{-3}$  М  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  и 500 мл  $5,0 \cdot 10^{-3}$  М  $\text{KNO}_3$ .

30. Рассчитайте активность иона водорода в растворе, в 1,00 л которого содержится 0,73 г HCl и 2,84 г  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

31. Смешали по 200 мл  $3,00 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{NaNO}_3$  и  $2,00 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . Рассчитайте активность нитрат-иона в полученном растворе.

32. В 500 мл  $1,0 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ( $\text{p}K_a^0 = 4,75$ ) растворили 15 г перхлората натрия и затем разбавили полученный раствор до 1,00 л. Рассчитайте величину концентрационной константы кислотности  $\text{CH}_3\text{COOH}$  в таком растворе. Коэффициент активности молекул уксусной кислоты считать равным 1.

33. В 500 мл воды растворили 0,35 г  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , 0,25 г  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и 10,0 г сахарозы. Полученный раствор разбавили водой до 1,00 л. Рассчитайте коэффициент активности иона магния в растворе, полученном после разбавления.

34. Рассчитайте концентрационную константу кислотности иона  $\text{NH}_4^+$  ( $\text{p}K_a^0 = 9,24$ ) при ионной силе  $8,0 \cdot 10^{-2}$ . Коэффициент активности молекул  $\text{NH}_3$  считать равным 1.

35. Рассчитайте среднеионный коэффициент активности  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  при ионной силе  $5,0 \cdot 10^{-2}$ . Сколько граммов нитрата бария содержится в 100 мл раствора, имеющего такую ионную силу?

36. Рассчитайте концентрационное произведение растворимости  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  при ионной силе  $2,0 \cdot 10^{-2}$ . Термодинамическое произведение растворимости фосфата кальция равно  $2,0 \cdot 10^{-29}$ .

37. В 2,00 л воды растворили 4,83 г глауберовой соли ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ). Чему равна ионная сила полученного раствора и активность ионов  $\text{Na}^+$  в нём?

38. Напишите уравнение материального баланса по водороду для водного раствора фосфорной кислоты и по хлору для водного раствора, содержащего хлоридные комплексы ртути (II).

39. В 250 мл  $5,0 \cdot 10^{-2}$  М НСООН ( $pK_a^0 = 3,75$ ) растворили 10,0 г сульфата калия и затем разбавили полученный раствор до 1,00 л. Рассчитайте величину концентрационной константы кислотности НСООН в таком растворе. Коэффициент активности молекул муравьиной кислоты считать равным 1.

40. Рассчитайте среднеионный коэффициент активности сульфата калия в растворе, полученном при растворении 2,00 г  $K_2SO_4$  в 500 мл воды.

41. Рассчитайте величину константы кислотности салициловой кислоты ( $pK_a^0 = 2,97$ ) при ионной силе 0,15. Коэффициент активности молекул салициловой кислоты считать равным 1.

42. Рассчитайте активность хлорид-иона в растворе, полученном при растворении 2,34 г  $CaCl_2 \cdot 6H_2O$  в 2,00 л  $2,0 \cdot 10^{-2}$  М  $CaCl_2$ .

43. Рассчитайте величину  $pK_a$  бензойной кислоты ( $pK_a^0 = 4,20$ ) в присутствии 0,1 М  $Na_2SO_4$ . Коэффициент активности молекул бензойной кислоты считать равным 1.

### ПРОТОЛИТИЧЕСКИЕ РАВНОВЕСИЯ

44. Что такое константа кислотности и константа основности? Почему для характеристики силы основания удобнее использовать не константу основности, а константу кислотности сопряжённой с данным основанием кислоты? Напишите выражения для концентрационных констант кислотности бензойной кислоты и кислоты, сопряжённой с молекулой аммиака.

45. Что такое буферный раствор, кислотно-основной буферный раствор?

46. Какой процесс называют автопротолизом? Как называется константа, характеризующая его? Напишите уравнение реакций автопротолиза для аммиака, уксусной кислоты и этанола.

47. Приведите вывод формулы для расчёта молярной доли неионизированных молекул кислоты НА при определённом значении рН.

48. Водный раствор  $NH_4Cl$  (например 0,1 М) имеет слабокислую среду, а раствор  $Na_2CO_3$  – щелочную. Как можно объяснить данные факты с точки зрения теории Аррениуса и протолитической теории?

49. Приведите вывод формулы, связывающей рН буферного раствора и концентрации кислоты и сопряжённого с ней основания, входящих в состав такого раствора.

50. Какие кислоты называются сильными? Почему  $HCl$  и  $HClO_4$  в водном растворе являются одинаково сильными кислотами, в то время как в среде уксусной кислоты их сила различается? Как называется такое действие воды на силу упомянутых выше кислот?

51. Что такое буферная ёмкость?



52. Приведите пример дифференцирующего действия растворителя на силу оснований. Как связана дифференцирующая способность растворителя и величина его константы автопротолиза?

53. К 100 мл 0,1 М  $\text{NH}_3$  прибавляют 0,1 М  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . При добавлении какого объёма раствора  $\text{NH}_4\text{Cl}$  буферная ёмкость полученного буферного раствора будет максимальной?

54. Какие из растворителей (вода, уксусная кислота, диметилформамид, пиридин, этанол, муравьиная кислота, гексан) являются: а) протонными; б) апротонными; в) протогенными; г) протофильными; д) полярными. Обоснуйте свой выбор.

55. При каком значении рН равновесные концентрации слабой кислоты  $\text{HA}$ , имеющей константу кислотности  $K_a$ , и сопряжённого с ней основания будут одинаковыми?

56. Что такое рН? Почему данный параметр не используют для характеристики концентрированных растворов кислот (щелочей)?

57. Объясните принцип действия кислотно-основного буферного раствора.

58. Что такое ионы лиата и лиония? Напишите формулы и назовите ионы лиата и лиония для воды, уксусной кислоты и аммиака. Чему равна величина рН водного раствора, в котором активность иона лиония равна 1?

59. Приведите вывод формулы для расчёта молярной доли частиц  $\text{A}^-$  при определённом значении рН.

60. Объясните сущность теории жёстких и мягких кислот и оснований Р. Пирсона.

61. Сформулируйте основные положения протолитической теории кислот и оснований. Приведите примеры нейтральных и заряженных кислот и оснований.

62. Какие факторы влияют на величину буферной ёмкости?

63. Какие вещества, согласно протолитической теории, называют амфолитами? Какие из перечисленных веществ (цианид аммония, тиоцианат аммония, карбонат натрия, гидрокарбонат натрия, аланин, молочная кислота) являются амфолитами? Обоснуйте свой выбор.

64. Необходимо, чтобы в процессе проведения анализа рН раствора оставался равным 7,0. Какой буферный раствор (фосфатный -  $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{NaHPO}_4$ ; ацетатный -  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$ ; цитратный - лимонная кислота + дигидроцитрат натрия; аммиачный -  $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_3$ ) лучше всего подходит для поддержания такого значения рН? Обоснуйте свой выбор.

65. Какой объём раствора  $\text{HCl}$  с массовой концентрацией растворённого вещества 55,0 г/л следует взять, чтобы при разбавлении его водой до объёма 500,0 мл был получен раствор, имеющий рН 2,20?

66. Величина рН водного раствора ацетата калия составляет 8,80. Какая масса  $\text{CH}_3\text{COOK}$  содержится в 100 мл такого раствора?

67. Ацетатный буферный раствор готовили по следующей методике: к некоторому объёму 1,0 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  прибавляли 50 мл 1,0 М  $\text{NaOH}$  и полученный раствор разбавляли водой до 500 мл. Какой объём раствора кислоты следует взять, чтобы получить буферный раствор, имеющий рН 5,0? Рассчитайте буферную ёмкость полученного раствора?

68. Какой объём раствора  $\text{NaOH}$  с массовой долей растворённого вещества 12,8 % (плотность раствора – 1,14 г/мл) следует взять, чтобы при разбавлении его водой до объёма 2,00 л был получен раствор, рН которого равен 12,8?

69. Водный раствор фосфорной кислоты имеет рН 2,20. Рассчитайте массу  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , содержащейся в 100,0 мл такого раствора.

70. Для получения карбонатного буферного раствора к 50 мл раствора  $\text{NaHCO}_3$  (4,20 г/л) прибавляют 0,10 М  $\text{NaOH}$  и разбавляют водой до 100 мл. Какой объём раствора гидроксида натрия следует взять, чтобы получить буферный раствор, имеющий рН 10,5. Чему равна буферная ёмкость полученного буферного раствора?

71. Рассчитайте рН водного раствора аскорбиновой кислоты ( $\text{p}K_{a,1} = 4,04$ ,  $\text{p}K_{a,2} = 11,34$ ) с концентрацией растворённого вещества 20,0 г/л. Молярная масса аскорбиновой кислоты равна 176,1 г/моль.

72. Какую массу кристаллической соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) необходимо растворить в 250 мл воды, чтобы полученный раствор имел рН 11,0?

73. Рассчитайте рН и буферную ёмкость раствора, полученного при растворении в 250 мл раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$  с концентрацией растворённого вещества 6,00 г/л навески ацетата натрия массой 2,50 г.

74. В 200 мл 0,20 М  $\text{HClO}_4$  растворили 12 г перхлората натрия и затем довели раствор водой до объёма 1,00 л. Рассчитайте рН полученного раствора с учётом его ионной силы.

75. Рассчитайте рН лекарственного средства, имеющего следующий состав: гексаметилентетрамина и натрия бензоата по 2,0 г, воды дистиллированной до 100,0 мл. Значение  $K_{\text{BH}^+}$  для гексаметилентетрамина /  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$ / равно  $1,3 \cdot 10^{-5}$ .

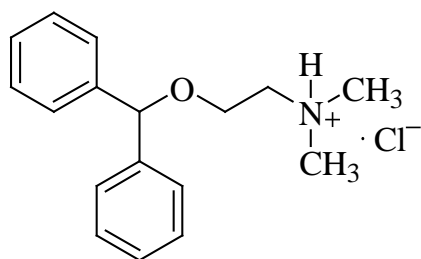
76. Растворимость  $\text{CO}_2$  в воде при 20 °С составляет 0,17 г/100 г  $\text{H}_2\text{O}$ . Рассчитайте рН насыщенного водного раствора углекислого газа при данной температуре.

77. 1,00 л воды растворили 1,12 л (н.у.) хлороводорода. Рассчитайте рН полученного раствора с учётом и без учёта его ионной силы.

78. Пробу объёмом 10,0 мл  $1,0 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{KOH}$  разбавили водой до 1,00 л. Рассчитайте рН полученного раствора.

79. В 100 мл воды растворили 4,10 г трихлоруксусной кислоты ( $K_a = 0,20$ ). Раствор разбавили водой до 1,00 л. Какое значение рН будет иметь полученный при этом раствор?

80. Сколько граммов ацетата натрия содержится в 100 мл раствора, рН которого равен 8,50?
81. Смешали по 50,0 мл раствора с массовой концентрацией  $\text{CH}_3\text{COOH}$  10,0 г/л и раствора с массовой концентрацией  $\text{HCOOH}$  5,00 г/л. Рассчитайте рН полученной смеси.
82. Смешали равные объёмы  $1,0 \cdot 10^{-3}$  М  $\text{HCl}$  и  $5,0 \cdot 10^{-1}$  М  $\text{HCOOH}$ . Рассчитайте рН полученной смеси.
83. Рассчитайте рН 0,10 М  $\text{NH}_4\text{CN}$ .
84. Определите равновесную концентрацию частиц  $\text{S}^{2-}$  в растворе с общей концентрацией  $\text{H}_2\text{S}$   $1,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л, если рН данного раствора равен 11,0.
85. Сколько граммов ацетата натрия необходимо растворить в 0,50 л  $2,0 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , чтобы рН раствора стал равен 5,50?
86. Фосфатный буферный раствор готовили по следующей прописи: к 50 мл раствора с концентрацией  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  13,6 г/л прибавляли некоторое количество 0,10 М  $\text{NaOH}$  и затем разбавляли водой до 100 мл. Какой объём 0,10 М  $\text{NaOH}$  следует взять для получения буферного раствора, имеющего рН 7,2. Какую буферную ёмкость будет иметь такой буферный раствор?
87. При какой величине общей концентрации уксусной кислоты равновесная концентрация ацетат-иона в растворе, рН которого равен 5,0, составит  $8,00 \cdot 10^{-2}$  моль/л.
88. Какой объём раствора с концентрацией  $\text{NaOH}$  5,00 г/л следует прибавить к 100 мл раствора с концентрацией муравьиной кислоты 10,0 г/л, чтобы получить буферный раствор, имеющий рН 4,0?
89. Раствор аммиака объёмом 20,0 мл и с концентрацией растворённого вещества 100 г/л разбавили водой до 500 мл. Рассчитайте значение рН полученного раствора.
90. Сколько граммов муравьиной кислоты необходимо добавить к 100 мл водного 0,15 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , чтобы получить раствор, рН которого равен 2,25?
91. Аммиачный буферный раствор готовили следующим образом: в некотором объёме 0,50 М  $\text{NH}_3$  растворяли определённую навеску  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и полученный раствор доводили водой до 1,00 л. Какой должна быть масса навески  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и какой объём раствора  $\text{NH}_3$  следует взять, чтобы буферный раствор имел рН 9,25 и буферную ёмкость 0,10.
92. Лекарственное вещество димедрол ( $M \approx 292$  г/моль):



имеет  $pK_a = 9,0$ . Рассчитайте pH водного раствора с концентрацией димедрола 10,0 г/л.

93. Раствор с неизвестной концентрацией  $\text{NH}_3$  объёмом 0,100 л разбавили водой до 1,00 л. При измерении pH полученного раствора оказалось, что он равен 10,8. Чему была равна молярная концентрация  $\text{NH}_3$  в исходном растворе?

94. Для приготовления ацетатного буферного раствора к 3,28 г ацетата натрия прибавили 25,5 мл 1 М  $\text{HCl}$  и разбавили водой до 1,00 л. Какое значение pH будет иметь полученный раствор?

95. Рассчитайте значение pH раствора, полученного при смешивании 500 мл раствора с массовой концентрацией  $\text{NH}_3$  0,51 г/л и 300 мл раствора с массовой концентрацией  $\text{CH}_3\text{COOH}$  3,00 г/л.

96. К 50,0 мл 0,10 М  $\text{NaOH}$  добавили некоторое количество твёрдого гидроксида натрия. Полученный раствор разбавили водой до объёма 500 мл. При этом был получен раствор, pH которого равен 12,5. Рассчитайте массу навески  $\text{NaOH}$ , которая была добавлена к исходному раствору.

97. Необходимо получить фосфатный буферный раствор, pH которого равен 7,0 и при добавлении к 5,0 мл этого раствора  $5,0 \cdot 10^{-6}$  моль сильной кислоты уменьшается не более чем на 0,1. Какие минимальные концентрации  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  и  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  должны быть в таком буферном растворе?

98. Одним из часто использующихся при биохимических исследованиях является буферный раствор, в состав которого входит *трис*-(гидроксиметил)-аминометан («трис») –  $\text{H}_2\text{N}-\text{C}(\text{CH}_2\text{OH})_3$  ( $pK_{\text{BH}^+} = 8,05$ ). Для приготовления такого буферного раствора к 50 мл 0,10 М «триса» добавили некоторый объём 0,10 М  $\text{HCl}$  и разбавили водой до 100 мл. Какой объём раствора кислоты необходимо взять для того, чтобы получить буферный раствор, имеющий pH 7,4?

99. В 1,00 л водного раствора аскорбиновой кислоты ( $pK_{a,1} = 4,04$ ,  $pK_{a,2} = 11,34$ ), pH которого равен 2,80, растворили 1,0 г аскорбиновой кислоты. Чему равен pH полученного раствора? Молярная масса аскорбиновой кислоты равна 176,13 г/моль.

100. Водный раствор вещества В, являющегося однокислотным основанием, имеет pH 12,0. Концентрация растворённого вещества в данном растворе равна 0,20 моль/л. Рассчитайте величину  $pK_a$  кислоты, сопряжённой с веществом В.

101. Какой объём раствора с массовой долей  $\text{CH}_3\text{COOH}$  30,0% ( $\rho = 1,038$  г/мл) необходимо добавить к 2,00 л  $5,0 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , чтобы получить буферный раствор, имеющий pH 4,30?

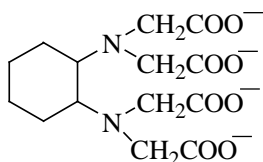
102. Рассчитайте pH водного раствора, в 1,00 л которого содержится 4,60 г  $\text{HCOOH}$  и 12,0 г  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

103. Навеска оксалата натрия массой 2,0 г была растворена в воде. К полученному раствору добавили некоторое количество HCl и довели его объём водой до 1,00 л. Рассчитайте равновесную концентрацию  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  в растворе, полученном после разбавления, если pH этого раствора оказался равным 3,5.

104. Какие минимальные концентрации уксусной кислоты и ацетата натрия должны быть в буферном растворе, чтобы он имел pH 4,0 и буферную ёмкость не менее  $5,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л?

## РАВНОВЕСИЯ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ

105. Что такое дентатность лиганда? Определите дентатность следующего лиганда:



Приведите примеры однороднолигандных и разнолигандных комплексов.

106. Что такое центральный атом (центральный ион, комплексообразователь) и лиганды? Приведите примеры моноядерных и полиядерных (гомо- и гетероядерных) комплексов.

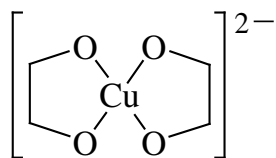
107. Что из перечисленного уменьшается при увеличении равновесной концентрации аммиака в растворе, содержащем аммиачные комплексы цинка: величина среднего лигандного числа; величина функции закомплексованности; молярная доля комплекса, содержащего минимальное число лигандов; молярная доля комплекса, содержащего максимальное число лигандов; равновесная концентрация ионов меди, не связанных в аммиачные комплексы? Объясните свой выбор.

108. Назовите комплексные соединения:  $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$ ,  $\text{Na}_2\text{Pb}[\text{Cu}(\text{NO}_2)_6]$ . Определите координационное число и степень окисления центрального иона. Приведите примеры использования данных комплексных соединений для обнаружения неорганических ионов.

109. Приведите вывод формулы, связывающей молярную долю незакомплексованных катионов металла и равновесную концентрацию лиганда.

110. Приведите вывод формулы, связывающей молярную долю комплекса  $\text{ML}_n$  и равновесную концентрацию лиганда.

111. Что такое координационное число? Определите координационное число и степень окисления меди в следующем комплексе.



Приведите примеры моноядерных и полиядерных комплексов.

112. Что такое функция закомплексованности?

113. Что такое «комплексная частица»? Как она образуется? Объясните, почему существуют комплексные ионы  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  и  $[\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ , но не существует ионов  $[\text{Zn}(\text{NH}_4)_4]^{6+}$  и  $[\text{Zn}(\text{H}_3\text{O})_4]^{6+}$ .

114. Что такое среднее лигандное число?

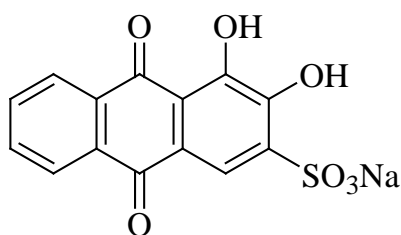
115. Приведите примеры использования реакций комплексообразования для а) обнаружения неорганических веществ; б) маскирования мешающих ионов; в) количественного определения веществ.

116. Почему в состав хелатов входят преимущественно пяти- и шестичленные циклы? Что такое «хелатный эффект»?

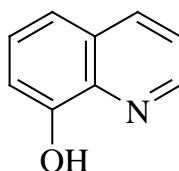
117. Что такое условная константа образования комплекса? Как она связана с реальной константой образования комплекса? Для каких из перечисленных ниже комплексных частиц понижение pH не приведёт к заметному уменьшению условной константы образования? Объясните Ваш выбор.

$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ;  $[\text{AgBr}_2]^-$ ;  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ ;  $[\text{Ag}(\text{SCN})_2]^-$ ;  $[\text{Ag}(\text{NH}_2\text{OH})_2]^+$

118. Ниже приведена формула органического соединения. Отметьте в приведенной формуле функциональные группы, участвующие в хелатообразовании. Напишите структуру хелатного цикла. К какой группе хелатообразующих органических реагентов (в зависимости от природы донорных атомов) относится данное органическое вещество?



119. Отметьте в приведенной ниже формуле функциональные группы, участвующие в хелатообразовании. Напишите структуру хелатного цикла. К какой группе хелатообразующих органических реагентов (в зависимости от природы донорных атомов) относится данное органическое вещество? Приведите примеры использования данного реагента для обнаружения неорганических ионов.



120. Что такое хелаты? Какое из понятий, хелаты или внутриккомплексные соединения, является более общим? Приведите примеры хелатов, не являющихся внутриккомплексными соединениями.

121. Комплексный ион  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  можно получить при взаимодействии  $\text{Cu}^{2+}$  с  $\text{NH}_3$ . Однако в кислой среде он легко разрушается. Ион  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  получить достаточно трудно, но в отличие от катиона тетраамминмеди он устойчив даже при кипячении в концентрированной серной кислоте. Объясните данные факты.

122. Что такое внешнесферные комплексы? Приведите примеры соединений, относящихся к внешнесферным комплексам.

123. Что такое органический реагент, функционально-аналитическая группировка. Какие из органических веществ: пирокатехин, гидрохинон, сульфаниловая кислота, 2-аминобензойная кислота могут взаимодействовать с катионами металлов с образованием хелатов?

124. Рассчитайте  $\lg \beta_2$  образования комплекса  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$ , если при равновесной концентрации  $\text{NH}_3$   $1,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л молярная доля такого комплекса в 8,5 раз больше, чем комплекса  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)]^{2+}$ , константа образования которого равна  $8,51 \cdot 10^6$ .

125. Смешали по 50,0 мл  $5,0 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{CaCl}_2$  и  $5,0 \cdot 10^{-2}$  М раствора динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты. Рассчитайте равновесную концентрацию ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в растворе, если рН раствора равен 10,0. Величина  $pK_a$  частицы  $\text{HY}^{3-}$  этилендиаминтетрауксусной кислоты равна 10,26.

126. Рассчитайте величину условной константы образования комплекса иона кальция с тетраанионом этилендиаминтетрауксусной кислоты ( $\text{Y}^{4-}$ ) при рН 9,50 если  $\lg \beta^0$  данного комплекса равен 10,7, а  $pK_a$  частицы  $\text{HY}^{3-}$  – 10,26.

127. Рассчитайте равновесную концентрацию частиц  $\text{HgCl}_2$  в растворе с общей концентрацией  $\text{Hg}(\text{II})$  0,10 моль/л и равновесной концентрацией  $\text{Cl}^-$  0,10 моль/л, а также значение среднего лигандного числа для данных условий. Константы образования хлоридных комплексов ртути (II) равны:  $\beta_1 = 5,5 \cdot 10^6$ ,  $\beta_2 = 1,7 \cdot 10^{13}$ ,  $\beta_3 = 1,5 \cdot 10^{14}$ ,  $\beta_4 = 1,7 \cdot 10^{15}$ .

128. Рассчитайте величину общей концентрационной константы образования  $[\text{Fe}(\text{SCN})_3]$  при ионной силе 0,20.

129. Рассчитайте условную общую константу образования комплекса  $[\text{AlF}_6]^{3-}$  при рН 1,0.

130. Определите равновесную концентрацию ионов  $\text{Ag}^+$  в растворе с общей концентрацией  $\text{Ag}^+$   $1,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л и равновесной концентрацией  $\text{NH}_3$   $1,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Константы образования аммиачных комплексов серебра равны:  $\beta_1 = 2,1 \cdot 10^3$ ,  $\beta_2 = 1,7 \cdot 10^7$ .

131. Рассчитайте равновесные концентрации частиц  $\text{Hg}^{2+}$  и  $\text{HgCl}_2$ , а также величину среднего лигандного числа для раствора с общей

концентрацией  $\text{Hg(II)}$   $1,0 \cdot 10^{-1}$  моль/л и равновесной концентрацией  $\text{Cl}^-$   $1,0 \cdot 10^{-1}$  моль/л. Константы образования хлоридных комплексов ртути (II) равны:  $\beta_1 = 5,5 \cdot 10^6$ ,  $\beta_2 = 1,7 \cdot 10^{13}$ ,  $\beta_3 = 1,5 \cdot 10^{14}$ ,  $\beta_4 = 1,7 \cdot 10^{15}$ .

132. Смешали по 25,0 мл  $1,0 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{BaCl}_2$  и  $1,0 \cdot 10^{-2}$  М ЭДТА. Рассчитайте равновесную концентрацию ионов  $\text{Ba}^{2+}$  в растворе, если pH раствора равен 10,0. Величина  $pK_a$  частицы  $\text{HY}^{3-}$  ЭДТА равна 10,26.

133. Концентрационная константа образования комплекса  $[\text{Cu}(\text{SCN})_3]^-$  при ионной силе 0,2 оказалась равной  $2,3 \cdot 10^4$ . Рассчитайте величину термодинамической константы образования данного комплекса.

134. Рассчитайте равновесную концентрацию ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в  $2,0 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  при pH 13,0. Значения констант образования гидроксидных комплексов кальция равны:  $\beta_1 = 14$ ,  $\beta_2 = 350$ .

135. Рассчитайте величину концентрационной константы образования комплексного иона  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$  при ионной силе 0,30, если  $\lg \beta^0$  данного соединения равен 14,8.

136. Рассчитайте равновесную концентрацию частиц  $\text{HgCl}_2$  в растворе, полученном при смешивании растворов  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{NaCl}$ , если равновесная концентрация хлорид-ионов в таком растворе составляет  $1,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л, а общая концентрация ртути (II) –  $1,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л. Считать, что в данных условиях в растворе присутствуют комплексные частицы  $[\text{HgCl}]^+$  ( $\beta_1 = 5,5 \cdot 10^6$ ),  $[\text{HgCl}_2]$  ( $\beta_2 = 1,7 \cdot 10^{13}$ ), и  $[\text{HgCl}_3]^-$  ( $\beta_3 = 1,5 \cdot 10^{14}$ ).

137. Рассчитайте условную общую константу образования  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  при pH 7,0.

138. Рассчитайте равновесную концентрацию частиц  $[\text{FeF}_2]^+$  в растворе при общей концентрации железа (III)  $1,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л и равновесной концентрации фторид-ионов  $1,0 \cdot 10^{-4}$  моль/л. Считать, что в данных условиях в растворе присутствуют комплексные частицы  $[\text{FeF}]^{2+}$  ( $\lg \beta_1 = 6,04$ ),  $[\text{FeF}_2]^+$  ( $\lg \beta_2 = 10,74$ ), и  $[\text{FeF}_3]$  ( $\lg \beta_3 = 13,74$ ).

139. Рассчитайте величину концентрационной константы образования комплексного соединения  $\text{HgCl}_2$  при ионной силе  $5,0 \cdot 10^{-2}$ , если величина термодинамической общей константы образования данного комплекса составляет  $1,7 \cdot 10^{13}$ .

140. Рассчитайте равновесные концентрации ионов  $\text{Ag}^+$ ,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$  и  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  в растворе с общей концентрацией ионов серебра  $5,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л и равновесной концентрацией  $\text{NH}_3$   $1,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Логарифмы констант образования аммиачных комплексов серебра равны  $\lg \beta_1 = 3,32$ ;  $\lg \beta_2 = 7,23$ .

141. Константа образования комплекса  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)]^{2+}$  из  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{NH}_3$  равна 468, а константа образования комплекса  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$  из  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)]^{2+}$  и  $\text{NH}_3$  – 132. Рассчитайте величину общей константы нестойкости  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$ .



142. Рассчитайте величину условной константы образования комплекса иона бария с тетраанионом этилендиаминтетрауксусной кислоты ( $Y^{4-}$ ) при pH 10,0 если  $\lg\beta^0$  данного комплекса равен 7,8, а  $pK_a$  частицы  $HY^{3-}$  – 10,26.

143. Рассчитайте равновесную концентрацию частиц  $Hg^{2+}$  в растворе с общей концентрацией ртути (II) 0,10 моль/л и равновесной концентрацией  $Br^-$   $1,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л, а также значение среднего лигандного числа для данных условий. Логарифмы констант устойчивости бромидных комплексов ртути (II) равны:  $\lg\beta_1 = 9,05$ ,  $\lg\beta_2 = 17,33$ ,  $\lg\beta_3 = 19,74$ ,  $\lg\beta_4 = 21,00$ .

144. Рассчитайте величину условной общей константы образования комплекса  $[FeF_6]^{3-}$  при pH 1,0.

145. Рассчитайте равновесную концентрацию ионов  $Zn^{2+}$  в аммиачном буферном растворе, если равновесная концентрация  $NH_3$  равна  $1,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л. Общая концентрация цинка в растворе равна 0,10 моль/л. Константы образования аммиачных комплексов цинка равны  $\beta_1 = 1,5 \cdot 10^2$ ,  $\beta_2 = 2,7 \cdot 10^4$ ,  $\beta_3 = 8,5 \cdot 10^6$ ,  $\beta_4 = 1,2 \cdot 10^9$ ,  $\beta_5 = 2,9 \cdot 10^9$ ,  $\beta_6 = 5,6 \cdot 10^{12}$ .

146. Рассчитайте равновесную концентрацию  $[Fe(SCN)]^{2+}$  при равновесной концентрации  $CNS^-$  ионов  $1,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л и общей концентрации Fe(III) 0,10 моль/л с учётом того, что в данных условиях в растворе присутствуют частицы  $Fe^{3+}$ ,  $[Fe(SCN)]^{2+}$  ( $\lg\beta_1 = 3,03$ ) и  $[Fe(SCN)_2]^+$  ( $\lg\beta_2 = 4,33$ ).

147. Рассчитайте условную общую константу образования комплекса  $[Ni(NH_3)_4]^{2+}$  при pH 7,0 если  $\lg\beta_4 = 7,47$ . Взаимодействие ионов  $Ni^{2+}$  с гидроксид-ионами не учитывать.

148. К 50,0 мл раствора с концентрацией  $CaCl_2$  2,8 г/л прибавили 50,0 мл  $5,0 \cdot 10^{-2}$  М раствора динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты. Рассчитайте равновесную концентрацию ионов  $Ca^{2+}$  в растворе, если pH раствора равен 12,0.

### РАВНОВЕСИЯ «ОСАДОК-РАСТВОР»

149. Что такое константа растворимости (произведение растворимости)? Как связаны друг с другом термодинамическая и концентрационная константы растворимости?

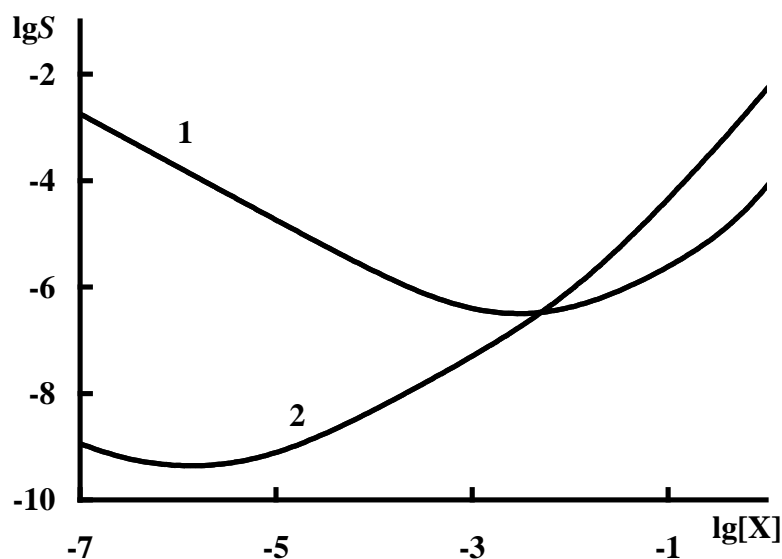
150. Что такое растворимость? Как связаны между собой произведение растворимости и ионная растворимость?

151. Что такое молекулярная растворимость? Как она связана с произведением растворимости?

152. Как влияет присутствие в растворе общего иона на растворимость малорастворимого электролита?

153. Что такое «солевой эффект»?

154. Объясните характер зависимости растворимости хлорида серебра (кривая 1) и иодида серебра (кривая 2) в воде от равновесной концентрации галогенид-иона.



155. Сформулируйте общие правила получения и растворения осадков. Приведите примеры растворения осадков вследствие протекания протолитических, окислительно-восстановительных реакций, а также реакций комплексообразования.

156. Что такое условное произведение растворимости? Как оно связана с реальным произведением растворимости? Какие факторы влияют на его величину?

157. Как влияет температура на растворимость малорастворимых веществ? Почему в некоторых случаях при повышении температуры растворимость увеличивается, а в некоторых уменьшается?

158. Объясните, почему при растворении в воде нитрата алюминия осадок гидроксида алюминия не выпадает, в то время как при попытке «растворить» в воде сульфид алюминия образуется осадок  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Будет ли происходить образование осадка гидроксида алюминия при растворении в воде хлорида алюминия, карбоната алюминия?

159. Рассчитайте величину  $K_S$  для фторида стронция, если известно, что для растворения 1,0 г фторида стронция необходимо 9,3 л воды.

160. В каком объеме  $5,0 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  можно растворить 0,50 г иодата бария?

161. Образуется ли осадок  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , если к 25 мл  $1,0 \cdot 10^{-3}$  М  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  прибавить такой же объем аммиачного буферного раствора, полученного при смешивании равных объемов 0,20 М  $\text{NH}_3$  и 0,10 М  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ?

162. Какая масса  $\text{AgBr}$  может раствориться в 100 мл раствора с равновесной концентрацией  $\text{NH}_3$  1,0 моль/л? Логарифмы констант образования аммиачных комплексов серебра равны  $\lg \beta_1 = 3,32$ ,  $\lg \beta_2 = 7,23$ .

163. При какой минимальной концентрации (г/л) ионов  $\text{Ni}^{2+}$  в растворе, имеющем рН 8,0, произойдёт образование осадка  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ?

164. Рассчитайте молярную концентрацию оксалата бария в его насыщенном растворе, рН которого равен 3,0.

165. Какая масса  $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$  (мг) может раствориться в 250 мл  $1,0 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{NaIO}_3$ ? Влияние ионной силы на растворимость не учитывать.

166. Рассчитайте концентрационное произведение растворимости  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$  при ионной силе 0,20. Термодинамическое произведение растворимости фосфата бария равно  $6,0 \cdot 10^{-39}$ .

167. Образуется ли осадок  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ , если к раствору  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  прибавить аммиачный буферный раствор так, чтобы общая концентрация  $\text{Ni}(\text{II})$  в полученной смеси оказалась равной  $1,0 \cdot 10^{-4}$  моль/л, равновесная концентрация  $\text{NH}_3$  – 0,10 моль/л, а рН – 10,0? Константы образования аммиачных комплексов  $\text{Ni}(\text{II})$  равны  $\beta_1 = 4,68 \cdot 10^2$ ,  $\beta_2 = 6,17 \cdot 10^4$ ,  $\beta_3 = 2,51 \cdot 10^6$ ,  $\beta_4 = 2,95 \cdot 10^7$ .

168. Рассчитайте растворимость иодида серебра (г/л) в растворе с концентрацией аммиака 100 г/л. Логарифмы констант образования аммиачных комплексов серебра равны  $\lg \beta_1 = 3,32$ ,  $\lg \beta_2 = 7,23$ .

169. Выпадет ли осадок фторида кальция, если к 1 мл раствора с массовой долей  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  0,1% прибавить 2 капли (0,1 мл) раствора с массовой долей  $\text{NaF}$  1%?

170. В каком объёме воды может раствориться 1,0 г иодата бария ( $K_S = 1,5 \cdot 10^{-9}$ )?

171. Рассчитайте массу бензойной кислоты ( $K_S = 1,4 \cdot 10^{-6}$ ), которая содержится в 0,50 л её насыщенного водного раствора.

172. Рассчитайте молярную концентрацию  $\text{BaC}_2\text{O}_4$  в его насыщенном растворе, рН которого равен 3,0.

173. Сколько граммов  $\text{AgI}$  можно растворить в 100 мл 1,0 М  $\text{NH}_3$ ?

174. Рассчитайте растворимость (г/л) салициловой кислоты ( $M = 138$  г/моль,  $\text{p}K_a = 2,97$ ) в воде, если  $K_S = 1,2 \cdot 10^{-5}$ .

175. Рассчитайте величину концентрационного произведения растворимости  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  в присутствии  $2,0 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Термодинамическое произведение растворимости хромата серебра равно  $1,1 \cdot 10^{-12}$ .

## ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РАВНОВЕСИЯ

176. Что такое электрод, электродный потенциал?

177. Приведите вывод формулы, связывающей константу равновесия окислительно-восстановительной реакции с ЭДС.

179. Объясните устройство и принцип работы стандартного водородного электрода.

180. Что такое стандартный электродный потенциал?

181. Что такое уравнение Нернста? Как будет изменяться величина электродного потенциала полуреакции восстановления перманганат-иона до  $\text{Mn}^{2+}$ , протекающей в кислой среде, при увеличении pH?

182. Как определяется знак электродного потенциала в соответствии с рекомендациями IUPAC?

183. Известно, что  $E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^0 = +0,771 \text{ В}$ , а  $E_{\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}/\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}}^0 = +0,364 \text{ В}$ . У какого комплексного иона –  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  или  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  общая константа образования больше. Какой ион является более сильным окислителем –  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  или  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ ?

184. Что такое формальный электродный потенциал?

185. Как можно определить направление протекания окислительно-восстановительной реакции?

186. Электродный потенциал является интенсивной величиной. Что это значит? Как можно рассчитать величину  $E_{\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}}^0$ , используя справочные данные  $E_{\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{2+}}^0$  и  $E_{\text{Cr}^{2+}/\text{Cr}}^0$ .

187. Потенциал водородного электрода в  $5,0 \cdot 10^{-2} \text{ М}$  растворе натриевой соли фенилуксусной кислоты, измеренный относительно стандартного водородного электрода, оказался равным  $-0,500 \text{ В}$ . Рассчитайте  $pK_a$  фенилуксусной кислоты.

188. Рассчитайте произведение растворимости  $\text{Cu}_2\text{S}$ , если величина стандартного электродного потенциала полуреакции  $\text{Cu}_2\text{S} \downarrow + 2\bar{e} = 2\text{Cu} \downarrow + \text{S}^{2-}$  равна  $-0,88 \text{ В}$ , а  $E_{\text{Cu}^+/\text{Cu}}^0 = +0,531 \text{ В}$ .

189. Рассчитайте общую константу образования комплексного иона  $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ , если известно, что  $E_{\text{Ag}^+/\text{Ag} \downarrow}^0 = +0,799 \text{ В}$ ,  $E_{\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}/\text{Ag} \downarrow}^0 = +0,01 \text{ В}$ .

190. Рассчитайте ЭДС электрохимической цепи  $\text{Pt}, \text{H}_2 | \text{H}^+ || \text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+} | \text{Pt}$ , если активность ионов  $\text{Fe}^{3+}$  в растворе в 4 раза выше активности ионов  $\text{Fe}^{2+}$ , а pH водородного электрода равен 3,0.

191. Величина стандартного электродного потенциала полуреакции  $\text{Co}^{3+} + \bar{e} = \text{Co}^{2+}$  равна  $+1,95 \text{ В}$ , а полуреакции  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+} + \bar{e} = [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+} - +0,10 \text{ В}$ . Рассчитайте величину общей константы образования аммиачного комплекса кобальта (III), если общая константа образования аммиачного комплекса кобальта (II) равна  $2,45 \cdot 10^4$ .

192. Рассчитайте величину потенциала водородного электрода (относительно стандартного водородного электрода) при значении pH, соответствующем полному осаждению гидроксида магния.

193. Рассчитайте величину электродного потенциала полуреакции восстановления дихромат-иона до  $\text{Cr}^{3+}$ , если активность  $\text{Cr}^{3+}$  равна  $5,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л, активность  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  – в 4 раза больше, а pH раствора равен 2,0.

194. Рассчитайте, используя величины стандартных потенциалов окислительно-восстановительных пар, значение термодинамической константы равновесия реакции окисления ионов  $\text{Fe}^{2+}$  ионами  $\text{MnO}_4^-$ , протекающей в кислой среде.

195. Какую массу  $\text{NH}_4\text{Cl}$  нужно растворить в 1,0 л  $5,0 \cdot 10^{-3}$  М  $\text{NH}_3$ , чтобы ЭДС электрической цепи, состоящей из водородного электрода, находящегося в данном растворе, и стандартного водородного электрода была равна 0,55 В?

196. Известно, что  $E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}\downarrow}^0 = -0,764$  В. Рассчитайте  $E_{\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}/\text{Zn}\downarrow}^0$ , если  $\lg \beta_4^0$  аммиачного комплекса цинка равен 9,08.

197. Рассчитайте  $K_S^0(\text{Hg}_2\text{Cl}_2)$ , если известно, что  $E_{\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}\downarrow}^0 = +0,792$  В;  $E_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2\downarrow/\text{Hg}\downarrow}^0 = +0,268$  В.

198. Какой объём 0,10 М  $\text{NaOH}$  необходимо прибавить к 100 мл 0,10 М  $\text{HCOOH}$ , чтобы величина электродного потенциала водородного электрода (относительно стандартного водородного электрода) в полученном растворе была бы равна  $-0,236$  В.

199. При активности хлорид-ионов 1 моль/л ЭДС цепи  $\text{Pt}, \text{H}_2 \parallel \text{CH}_3\text{COOH} \parallel \text{Cl}^- \mid \text{AgCl}, \text{Ag}$  оказалась равной  $+0,429$  В. Рассчитайте концентрацию уксусной кислоты в растворе, если  $E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}\downarrow}^0 = +0,7994$  В,  $K_S(\text{AgCl}) = 1,8 \cdot 10^{-10}$ .

200. Рассчитайте ЭДС электрохимической цепи, состоящей из стандартного водородного электрода и хлоридсеребряного электрода  $\text{AgCl}, \text{Ag} \mid \text{KCl}$ , если активность хлорид-ионов в хлоридсеребряном электроде равна 0,10 моль/л,  $E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}\downarrow}^0 = +0,7994$  В,  $K_S(\text{AgCl}) = 1,8 \cdot 10^{-10}$ .

201. Рассчитайте общую константу образования комплексного иона  $\text{Hg}(\text{CN})_4^{2-}$ , если при активностях цианид-ионов и комплексных ионов  $\text{Hg}(\text{CN})_4^{2-}$  в растворе равных по  $1,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л величина электродного потенциала (относительно стандартного водородного электрода) полуреакции  $\text{Hg}(\text{CN})_4^{2-} + 2\text{e}^- = \text{Hg}\downarrow + 4\text{CN}^-$  составляет  $-0,193$  В.

### ПРОБООТБОР И ПРОБОПОДГОТОВКА

202. Что такое образец, проба, средняя проба, генеральная проба? От каких факторов зависит величина и способ отбора средней пробы?

203. Опишите особенности отбора генеральной пробы твёрдых веществ.

204. Опишите особенности отбора генеральных проб газов и жидкостей

205. Что подразумевают под термином «усреднение пробы»? Опишите методику получения средней пробы из генеральной пробы путём квартования.

206. Охарактеризуйте факторы, которые обуславливают неопределённость измерения (погрешность измерения) на стадии пробоотбора.

207. Что такое разложение пробы? Какими факторами определяется выбор метода разложения анализируемой пробы?

208. Охарактеризуйте способы разложения пробы, предполагающие её растворение, не сопровождающееся протеканием химических реакций, а также растворение с участием химических реакций без изменения степеней окисления элементов

209. Что такое «минерализация»? Охарактеризуйте наиболее часто применяемые способы «мокрой» и «сухой» минерализации.

210. Какие нежелательные процессы могут происходить при разложении пробы? Как можно уменьшить влияние таких процессов на результат анализа?

## МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ

211. Что подразумевают под терминами «разделение» и «концентрирование»? Приведите классификацию методов разделения и концентрирования в зависимости от наличия и характера фазовых переходов.

212. Докажите (математически), что экстрагирование дробными порциями экстрагента более эффективно, чем однократное экстрагирование таким же суммарным объёмом экстрагента?

213. Приведите вывод формулы, связывающей степень однократной экстракции, коэффициент распределения и соотношение объёмов водной и органической фаз.

214. Постройте график зависимости коэффициента распределения амфолита (НВ) между неполярным органическим растворителем и водой от рН. Показатель константы кислотности НВ равен 10,0;  $\text{H}_2\text{B}^+$  – 7,0; величина константы распределения молекул НВ – 100, величина константы распределения ионов пренебрежимо мала.

215. Постройте график зависимости коэффициента распределения слабого основания (В) между неполярным органическим растворителем и водой от рН. Показатель константы кислотности кислоты, сопряжённой с исследуемым основанием, равен 7,0, величина константы распределения молекул основания – 100, величина константы распределения сопряжённой кислоты пренебрежимо мала.

216. Что такое реакционная экстракция? Приведите примеры (напишите формулы) катионообменных, анионообменных и координационных экстрагентов.

217. Приведите вывод формулы, связывающей степень экстракции, коэффициент распределения, соотношение объёмов органической и водной фаз и число экстракций.

218. Какой экстрагент, хлороформ или тетрахлорметан, обеспечивает более эффективное разделение фенола и 1-нафтола, если константы распределения их между  $\text{CHCl}_3$  и  $\text{H}_2\text{O}$  равны, соответственно, 1,9 и 67, а между  $\text{CCl}_4$  и  $\text{H}_2\text{O}$  – 0,5 и 17?

219. Постройте график зависимости коэффициента распределения слабой кислоты (НА) между неполярным органическим растворителем и водой от pH. Показатель константы кислотности исследуемой кислоты равен 7,0, величина константы распределения – 100, величина константы распределения сопряжённого основания ( $\text{A}^-$ ) пренебрежимо мала.

220. С помощью какого закона может быть описано экстракционное равновесие? Приведите его математическое выражение. Что такое константа распределения, коэффициент распределения, степень однократной экстракции, константа экстракции?

221. Дайте определение терминам «жидкость-жидкостная экстракция», экстрагент, экстракт, реэкстракция, реэкстрагент, реэкстракт.

222. Рассчитайте коэффициент концентрирования для целевого компонента – вещества А, если при экстракции в органический растворитель переходит 99% от исходного количества вещества А и 0,1% от исходного количества балластных веществ, содержащихся в исследуемой матрице.

223. Коэффициент распределения аминифеназона между бензолом и водой равен 6,8, а коэффициент распределения феназона – 0,09. Рассчитайте коэффициент разделения аминифеназона и феназона при их экстракции бензолом из водного раствора.

224. Рассчитайте коэффициент концентрирования для вещества Х, если при экстракции в органический растворитель переходит 95% от исходного количества вещества Х и 0,1% от исходного количества балластных веществ, содержащихся в исследуемой матрице.

221. Рассчитайте коэффициент распределения эфедрина между хлороформом и водой, если при однократной экстракции 200 мл  $\text{CHCl}_3$  из 100 мл водной фазы в экстракт переходит 84% алкалоида.

222. Какое минимальное число экстракций порциями бензола по 10 мл необходимо провести для извлечения не менее 99% никотина из 100 мл водной фазы, если коэффициент распределения никотина между бензолом и водой равен 9.

223. Рассчитайте степень извлечения кислоты, имеющей  $\text{pK}_a = 4,0$ , при экстракции её 50,0 мл  $\text{CHCl}_3$  из 25,0 мл водной фазы при pH 3,0.

Константа распределения молекул кислоты в системе  $\text{CHCl}_3/\text{H}_2\text{O}$  равна 10,0, константу распределения анионов считать равной 0.

224. Рассчитайте коэффициент распределения кофеина между хлороформом и водой, если при однократной экстракции 25,0 мл хлороформа из 10,0 мл водной фазы в экстракт переходит 98,1% от исходного количества алкалоида.

225. Коэффициент распределения бензойной кислоты между диэтиловым эфиром и водой равен 78. Какой объём органического растворителя следует взять, чтобы за одну экстракцию извлечь из 10,0 мл водной фазы 99% бензойной кислоты?

226. Коэффициент распределения салициловой кислоты между диэтиловым эфиром и водой равен 170. Из какого объёма водной фазы за одну экстракцию 10,0 мл диэтилового эфира можно извлечь 99% салициловой кислоты?

227. Коэффициент распределения алкалоида хинина между хлороформом и водой равен 117. Сколько % хинина перейдёт в органический растворитель при экстракции его 10,0 мл  $\text{CHCl}_3$  из 50,0 мл водной фазы?

228. Рассчитайте степень извлечения органической кислоты, имеющей  $\text{p}K_a = 4,20$ , при экстракции её 50,0 мл  $\text{CHCl}_3$  из 25,0 мл водной фазы при  $\text{pH} 2,50$ . Константа распределения неионизированных молекул кислоты в системе  $\text{CHCl}_3/\text{H}_2\text{O}$  равна 25, константу распределения анионов считать пренебрежимо малой.

229. Рассчитайте степень извлечения органического основания, имеющего  $\text{p}K_{\text{BH}^+} = 8,50$ , при экстракции его 25,0 мл  $\text{CHCl}_3$  из 10,0 мл водной фазы при  $\text{pH} 10,5$ . Константа распределения неионизированных молекул основания в системе  $\text{CHCl}_3/\text{H}_2\text{O}$  равна 20, константу распределения катиона (сопряжённой кислоты) считать пренебрежимо малой.

230. Коэффициент распределения хинина между бензолом и водой равен 16. Какое минимальное число экстракций порциями бензола по 10,0 мл необходимо провести для извлечения не менее 99,9 % хинина из 100 мл водной фазы?



## РАЗДЕЛ 2. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

### 1. Ионная сила, активность

Рассчитайте среднеионный коэффициент активности хлорида кальция в растворе, полученном при растворении 4,40 г  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  в 2,00 л воды.

Молярная концентрация  $\text{CaCl}_2$  в полученном растворе равна

$$c = \frac{m}{MV} = \frac{4,40}{219 \cdot 2,00} = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л.}$$

Величина ионной силы раствора составляет

$$I = \frac{1}{2} \sum c_i z_i^2 = \frac{1}{2} [1,00 \cdot 10^{-2} \cdot (+2)^2 + 2 \cdot 1,00 \cdot 10^{-2} \cdot (-1)^2] = 3,00 \cdot 10^{-2}.$$

Для расчёта коэффициентов активности при такой величине ионной силы можно использовать расширенное уравнение Дебая-Хюккеля (значения коэффициента  $a$  – см. Приложение, табл. 1):

$$\lg y = - \frac{Az^2 \sqrt{I}}{1 + Ba \sqrt{I}};$$

$$\lg y(\text{Ca}^{2+}) = - \frac{0,511 \cdot (+2)^2 \cdot \sqrt{3,00 \cdot 10^{-2}}}{1 + 0,328 \cdot 6 \cdot \sqrt{3,00 \cdot 10^{-2}}} = -0,264;$$

$$\lg y(\text{Cl}^-) = - \frac{0,511 \cdot (-1)^2 \cdot \sqrt{3,00 \cdot 10^{-2}}}{1 + 0,328 \cdot 3 \cdot \sqrt{3,00 \cdot 10^{-2}}} = -0,076;$$

$$\lg y(\text{A}_m \text{B}_n) = \frac{m \lg y(\text{A}) + n \lg y(\text{B})}{m + n};$$

$$\lg y(\text{CaCl}_2) = \frac{-0,264 + 2 \cdot (-0,076)}{1 + 2} = -0,139.$$

Таким образом, величина среднеионного коэффициента активности хлорида кальция составляет

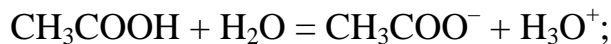
$$y_{\pm}(\text{CaCl}_2) = 10^{-0,139} = 0,73.$$

### 2. Химическое равновесие

В 500 мл  $1,0 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ( $\text{p}K_a^0 = 4,75$ ) растворили 10,0 г сульфата натрия и затем разбавили полученный раствор до 1,00 л.

Рассчитайте величину показателя концентрационной константы кислотности  $\text{CH}_3\text{COOH}$  в таком растворе. Коэффициент активности молекул уксусной кислоты считать равным 1.

Константа кислотности уксусной кислоты описывает равновесие:



$$K_a^0 = \frac{a(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot a(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{a(\text{CH}_3\text{COOH})};$$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}.$$

Термодинамическая и концентрационная константы кислотности связаны между собой таким образом:

$$K_a = K_a^0 \frac{y(\text{CH}_3\text{COOH})}{y(\text{H}_3\text{O}^+)y(\text{CH}_3\text{COO}^-)}.$$

Для того чтобы рассчитать величину концентрационной константы кислотности уксусной кислоты, необходимо знать величины коэффициентов активности протона и ацетат-иона при данных условиях.

Величина ионной силы раствора определяется сульфатом натрия (сильным электролитом):

$$c = \frac{m}{MV} = \frac{10,0}{142 \cdot 0,500} = 0,141 \text{ моль/л};$$

$$I = \frac{1}{2} \sum c_i z_i^2 = \frac{1}{2} [2 \cdot 0,141 \cdot (+1)^2 + 0,141 \cdot (-2)^2] = 0,423.$$

Для расчёта коэффициентов активности можно использовать уравнение Дэвиса

$$\lg y = -Az^2 \left[ \frac{\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}} - 0,2I \right].$$

Проведём несложные математические преобразования:

$$-\lg K_a = -\lg K_a^0 + \lg y(\text{H}_3\text{O}^+) + \lg y(\text{CH}_3\text{COO}^-);$$

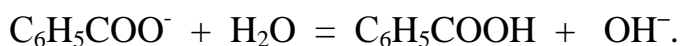
$$\text{p}K_a = \text{p}K_a^0 - A(z_1^2 + z_2^2) \left[ \frac{\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}} - 0,2I \right];$$

$$\text{p}K_a = 4,75 - 0,511 \cdot ((+1)^2 + (-1)^2) \left[ \frac{\sqrt{0,423}}{1 + \sqrt{0,423}} - 0,2 \cdot 0,423 \right] = 4,43.$$

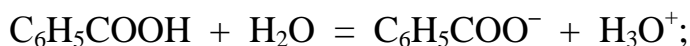
### 3. Расчёт pH растворов протолитов

*Рассчитайте pH  $5,0 \cdot 10^{-2}$  М  $C_6H_5COONa$ .*

Бензоат-ион является слабым основанием. Величина pH водного раствора бензоата натрия определяется равновесием:



Для того чтобы рассчитать pH раствора данного вещества, рассмотрим взаимодействие кислоты, сопряжённой с рассматриваемым основанием, с водой. Такое равновесие описывается константой кислотности бензойной кислоты:



$$K_a = \frac{[C_6H_5COO^-][H_3O^+]}{[C_6H_5COOH]}.$$

Степень протолиза бензоат-иона не превышает 5%, поэтому можно считать, что  $[C_6H_5COO^-] \approx c_B$ .

Оценить степень протолиза слабого основания можно так:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{c_B}} = \sqrt{\frac{K_W}{K_a c_B}} = \sqrt{\frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{6,3 \cdot 10^{-5} \cdot 5,0 \cdot 10^{-2}}} < 0,05.$$

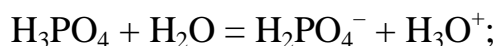
Так как  $[C_6H_5COOH] = [OH^-] = \frac{K_W}{[H_3O^+]}$ , то

$$K_a = \frac{c_B [H_3O^+]}{\frac{K_W}{[H_3O^+]}} = \frac{c_B [H_3O^+]^2}{K_W}; \quad [H_3O^+] = \sqrt{\frac{K_W K_a}{c_B}};$$

$$pH = \frac{1}{2}(pK_W + pK_a + \lg c_B) = \frac{1}{2}(14,0 + 4,20 + \lg 5,0 \cdot 10^{-2}) = 8,4.$$

Какой объём раствора  $H_3PO_4$  с массовой концентрацией растворённого вещества 100 г/л следует взять, чтобы при разбавлении его водой до объёма 500,0 мл был получен раствор, pH которого равен 2,00?

Фосфорная кислота является слабой трёхосновной кислотой, но поскольку  $K_{a,1} \gg K_{a,2} \gg K_{a,3}$  (см. Приложение, табл. 2), pH раствора определяется равновесием:



$$K_{a,1} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]}.$$

Так как  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ ,  $[\text{H}_3\text{PO}_4] = c - [\text{H}_3\text{O}^+]$  и с учётом того, что  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 1,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л и  $K_{a,1} = 7,1 \cdot 10^{-3}$ , получаем

$$7,1 \cdot 10^{-3} = \frac{1,0 \cdot 10^{-4}}{c - 1,0 \cdot 10^{-2}}.$$

При решении данного уравнения находим, что общая концентрация фосфорной кислоты в растворе, полученном при разбавлении, равна  $2,4 \cdot 10^{-2}$  моль/л. Массовая концентрация фосфорной кислоты в данном растворе составляет

$$\rho^* = c \cdot M = 2,4 \cdot 10^{-2} \cdot 98 = 2,4 \text{ г/л}$$

Объём раствора с концентрацией фосфорной кислоты 100 г/л равен

$$V_0 = \frac{2,4}{100} \cdot 500 = 12 \text{ мл.}$$

#### 4. Буферные растворы

Ацетатный буферный раствор готовили по следующей методике: к некоторому объёму 1,0 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  прибавляли 50 мл 1,0 М  $\text{NaOH}$  и полученный раствор разбавляли водой до 500 мл. Какой объём раствора кислоты следует взять, чтобы получить буферный раствор, имеющий pH 4,50? Чему равна буферная ёмкость полученного раствора?

Рассчитаем соотношение количества вещества уксусной кислоты и ацетат-иона в растворе, pH которого равен 4,50. Согласно уравнению Гендерсона-Хассельбаха:

$$\lg \frac{n_{\text{HA}}}{n_{\text{A}^-}} = \text{p}K_a - \text{pH} = 4,75 - 4,50 = 0,25;$$

$$\frac{n_{\text{HA}}}{n_{\text{A}^-}} = 10^{0,25} = 1,8 \text{ или } n_{\text{HA}} = 1,8 \cdot n_{\text{A}^-}.$$

Количество вещества ацетат-иона (ацетата натрия) равно количеству вещества добавленного  $\text{NaOH}$ :

$$n_{\text{A}^-} = c_{\text{NaOH}} \cdot V \cdot 10^{-3} = 1,0 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ моль.}$$

Исходное количество вещества уксусной кислоты равно

$$n_0 = n_{\text{HA}} + n_{\text{A}^-} = 2,8 \cdot n_{\text{A}^-} = 2,8 \cdot 5,0 \cdot 10^{-2} = 1,4 \cdot 10^{-1} \text{ моль}$$

Объём исходного раствора уксусной кислоты составляет

$$V_0 = \frac{n_0}{c_0} = \frac{1,4 \cdot 10^{-1}}{1,0} = 1,4 \cdot 10^{-1} \text{ л (или 140 мл)}.$$

Для того чтобы рассчитать величину буферной ёмкости, необходимо знать концентрации уксусной кислоты и ацетат-иона в буферном растворе. Так как объём приготовленного раствора составляет 500 мл, то

$$c_{\text{A}^-} = \frac{n_{\text{A}^-}}{V} = \frac{5,0 \cdot 10^{-2}}{5,0 \cdot 10^{-1}} = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ моль/л};$$

$$c_{\text{HA}} = \frac{1,8 \cdot 5,0 \cdot 10^{-2}}{5,0 \cdot 10^{-1}} = 1,8 \cdot 10^{-1} \text{ моль/л}.$$

Буферная ёмкость равна

$$\beta = 2,3 \cdot \frac{c_{\text{HA}} \cdot c_{\text{A}^-}}{c_{\text{HA}} + c_{\text{A}^-}} = 2,3 \cdot \frac{1,8 \cdot 10^{-1} \cdot 1,0 \cdot 10^{-1}}{1,8 \cdot 10^{-1} + 1,0 \cdot 10^{-1}} = 1,5 \cdot 10^{-1} \text{ моль/л}.$$

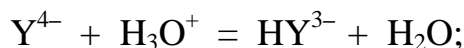
## 5. Равновесия комплексообразования

Смешали по 25,0 мл  $3,0 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{CaCl}_2$  и  $5,0 \cdot 10^{-2}$  М раствора динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты. Рассчитайте равновесную концентрацию ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в растворе, если рН раствора равен 10,5. Величина  $pK_a$  частицы  $\text{HY}^{3-}$  этилендиаминтетрауксусной кислоты составляет 10,26.

Выражение для константы образования комплекса иона кальция с ЭДТА имеет такой вид

$$\beta = \frac{[\text{CaY}^{2-}]}{[\text{Ca}^{2+}][\text{Y}^{4-}]}.$$

Равновесная концентрация  $\text{Ca}^{2+}$  не равна равновесной концентрации  $\text{Y}^{4-}$ , так как в растворе протекают процессы:



Практически при рН 10,5 концентрация частиц  $\text{H}_2\text{Y}^{2-}$  и частиц, образующихся при дальнейшем протонировании, настолько мала, что её можно не учитывать:

$$[\text{Ca}^{2+}] = c_{\text{ЭДТА}} \approx [\text{Y}^{4-}] + [\text{HY}^{3-}].$$

Рассчитаем молярную долю аниона  $Y^{4-}$  среди всех форм существования ЭДТА в растворе:

$$\alpha = \frac{1}{1 + 10^{pK_a - pH}} = \frac{1}{1 + 10^{10,26 - 10,5}} = 0,63.$$

Рассчитаем значение условной константы образования комплекса при pH 10,5:

$$\beta' = \frac{[CaY^{2-}]}{[Ca^{2+}]C_{ЭДТА}} = \frac{[CaY^{2-}]}{[Ca^{2+}]\frac{[Y^{4-}]}{\alpha}} = \beta \cdot \alpha = 5,0 \cdot 10^{10} \cdot 0,63 = 3,2 \cdot 10^{10};$$

$$[Ca^{2+}] = \frac{[CaY^{2-}]}{\beta' \cdot C_{ЭДТА}}.$$

При смешивании 25,0 мл  $3,0 \cdot 10^{-2}$  М  $CaCl_2$  и 25,0 мл  $5,0 \cdot 10^{-2}$  М ЭДТА последнее вещество будет оставаться в избытке. Так как степень диссоциации комплекса достаточно мала, то можно считать, что

$$[CaY^{2-}] \approx C_{CaY^{2-}} = 3,0 \cdot 10^{-2} / 2 = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л};$$

$$c_{ЭДТА} = (5,0 \cdot 10^{-2} - 3,0 \cdot 10^{-2}) / 2 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л};$$

$$[Ca^{2+}] = \frac{1,5 \cdot 10^{-2}}{3,2 \cdot 10^{10} \cdot 1,0 \cdot 10^{-2}} = 4,7 \cdot 10^{-11} \text{ моль/л}.$$

Рассчитайте равновесную концентрацию частиц  $HgCl_2$  в растворе с общей концентрацией ртути (II) 0,10 моль/л и равновесной концентрацией  $Cl^-$   $1,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л, а также значение среднего лигандного числа для данных условий. Константы устойчивости хлоридных комплексов ртути (II) равны:  $\beta_1 = 5,5 \cdot 10^6$ ,  $\beta_2 = 1,7 \cdot 10^{13}$ ,  $\beta_3 = 1,5 \cdot 10^{14}$ ,  $\beta_4 = 1,7 \cdot 10^{15}$ .

Уравнение материального баланса по ртути для хлоридных комплексов ртути (II) имеет вид

$$c_{Hg} = [Hg^{2+}] + [HgCl^+] + [HgCl_2] + [HgCl_3^-] + [HgCl_4^{2-}].$$

Из выражения соответствующих констант образования хлоридных комплексов ртути (II) следует, что:

$$[HgCl^+] = \beta_1 [Hg^{2+}] [Cl^-]; \quad [HgCl_2] = \beta_2 [Hg^{2+}] [Cl^-]^2;$$

$$[HgCl_3^-] = \beta_3 [Hg^{2+}] [Cl^-]^3; \quad [HgCl_4^{2-}] = \beta_4 [Hg^{2+}] [Cl^-]^4.$$

Таким образом

$$c_{\text{Hg}} = [\text{Hg}^{2+}](1 + \beta_1[\text{Cl}^-] + \beta_2[\text{Cl}^-]^2 + \beta_3[\text{Cl}^-]^3 + \beta_4[\text{Cl}^-]^4);$$

$$\alpha(\text{HgCl}_2) = \frac{[\text{HgCl}_2]}{c_{\text{Hg}}} = \frac{\beta_2[\text{Cl}^-]^2}{1 + \beta_1[\text{Cl}^-] + \beta_2[\text{Cl}^-]^2 + \beta_3[\text{Cl}^-]^3 + \beta_4[\text{Cl}^-]^4} =$$

$$= \frac{1,7 \cdot 10^9}{1 + 5,5 \cdot 10^4 + 1,7 \cdot 10^9 + 1,5 \cdot 10^8 + 1,7 \cdot 10^7} = \frac{1,7 \cdot 10^9}{1,9 \cdot 10^9} = 0,89;$$

$$[\text{HgCl}_2] = c_{\text{Hg}} \cdot \alpha(\text{HgCl}_2) = 1,0 \cdot 10^{-1} \cdot 0,89 = 8,9 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л.}$$

Величина среднего лигандного числа равна

$$\bar{n} = \frac{\beta_1[\text{Cl}^-] + 2\beta_2[\text{Cl}^-]^2 + 3\beta_3[\text{Cl}^-]^3 + 4\beta_4[\text{Cl}^-]^4}{1 + \beta_1[\text{Cl}^-] + \beta_2[\text{Cl}^-]^2 + \beta_3[\text{Cl}^-]^3 + \beta_4[\text{Cl}^-]^4} =$$

$$= \frac{5,5 \cdot 10^4 + 3,4 \cdot 10^9 + 4,5 \cdot 10^8 + 6,8 \cdot 10^7}{1,9 \cdot 10^9} = \frac{3,9 \cdot 10^9}{1,9 \cdot 10^9} = 2,1.$$

## 6. Равновесия «осадок – раствор»

Сколько граммов AgI может раствориться в 500 мл 4 М NH<sub>3</sub>. Константы образования аммиачных комплексов серебра равны  $\beta_1 = 2,1 \cdot 10^3$ ,  $\beta_2 = 1,7 \cdot 10^7$ .

Вначале рассчитаем молярную долю незакомплексованных ионов Ag<sup>+</sup>:

$$\alpha(\text{Ag}^+) = \frac{1}{1 + \beta_1[\text{NH}_3] + \beta_2[\text{NH}_3]^2}.$$

Так как концентрация аммиака в растворе достаточно велика, а растворимость AgI, напротив, незначительна, общую концентрацию аммиака можно считать приблизительно равной его равновесной концентрации. Таким образом

$$\alpha(\text{Ag}^+) = \frac{1}{1 + 2,1 \cdot 10^3 \cdot 4 + 1,7 \cdot 10^7 \cdot 4^2} = 3,7 \cdot 10^{-9}.$$

Величина условного произведения растворимости AgI в данных условиях составит (значения  $K_S$  – см. Приложение, табл. 4)

$$K'_S = \frac{K_S}{\alpha(\text{Ag}^+)} = \frac{8,3 \cdot 10^{-17}}{3,7 \cdot 10^{-9}} = 2,3 \cdot 10^{-8}.$$

Растворимость AgI в 4 М NH<sub>3</sub> равна

$$S = \sqrt{K'_S} = \sqrt{2,3 \cdot 10^{-8}} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

В 500 мл 4 М  $\text{NH}_3$  может раствориться иодид серебра массой

$$m(\text{AgI}) = S \cdot M \cdot V \cdot 10^{-3} = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 500 \cdot 10^{-3} = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ г.}$$

## 7. Окислительно-восстановительные равновесия

Рассчитайте общую константу образования комплексного иона  $[\text{AlF}_6]^{3-}$ , если известно, что  $E_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}\downarrow}^0 = -1,66 \text{ В}$ ,  $E_{\text{AlF}_6^{3-}/\text{Al}\downarrow}^0 = -2,07 \text{ В}$ .

Уравнение Нернста для пары  $\text{Al}^{3+}/\text{Al}\downarrow$  выглядит так:

$$E_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}\downarrow} = E_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}\downarrow}^0 + \frac{0,0591}{3} \lg a_{\text{Al}^{3+}}.$$

Выразим активность ионов  $\text{Al}^{3+}$  из общей константы образования комплекса  $[\text{AlF}_6]^{3-}$ :

$$\beta_6^0 = \frac{a_{\text{AlF}_6^{3-}}}{a_{\text{Al}^{3+}} \cdot a_{\text{F}^-}^6}; \quad a_{\text{Al}^{3+}} = \frac{a_{\text{AlF}_6^{3-}}}{\beta_6^0 \cdot a_{\text{F}^-}^6}.$$

Следовательно

$$E_{\text{AlF}_6^{3-}/\text{Al}\downarrow} = E_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}\downarrow}^0 - 1,97 \cdot 10^{-2} \lg \beta_6^0 + 1,97 \cdot 10^{-2} \lg \frac{a_{\text{AlF}_6^{3-}}}{a_{\text{F}^-}^6}.$$

В стандартных условиях активности ионов  $\text{AlF}_6^{3-}$  и  $\text{F}^-$  равны единице, поэтому

$$\lg \beta_6^0 = \frac{E_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}\downarrow}^0 - E_{\text{AlF}_6^{3-}/\text{Al}\downarrow}^0}{1,97 \cdot 10^{-2}} = \frac{-1,66 - (-2,07)}{1,97 \cdot 10^{-2}} = 20,8;$$

$$\beta_6^0 = 10^{20,8} = 6,3 \cdot 10^{20}.$$

## 8. Методы разделения и концентрирования

Коэффициент распределения лекарственного вещества между хлороформом и водой равен 75. Сколько % лекарственного вещества перейдет в органический растворитель при экстракции его 10,0 мл хлороформа из 50,0 мл водной фазы? Какой объем органического растворителя следует взять, чтобы степень однократной экстракции составила 99,0 %? Какое число экстракций порциями по 10,0 мл следует выполнить для этой же цели?



При экстракции лекарственного вещества из 50,0 мл водной фазы 10,0 мл хлороформа степень извлечения ( $R$ , %) равна

$$R = \frac{100}{1 + \frac{V_{(B)}}{V_{(O)}D}} = \frac{100}{1 + \frac{50,0}{10,0 \cdot 75}} = 93,7\% .$$

Для того чтобы за одну экстракцию в органическую фазу переходило 99,0% лекарственного вещества, объём экстрагента должен быть равен:

$$V_{(O)} = \frac{V_{(B)}}{D \cdot \left( \frac{100}{R} - 1 \right)} = \frac{50,0}{75 \cdot \left( \frac{100}{99,0} - 1 \right)} = 66 \text{ мл.}$$

В случае многократной экстракции дробными порциями экстрагента степень извлечения равна:

$$R = 100 - \frac{100}{\left( D \frac{V_{(O)}}{V_{(B)}} + 1 \right)^n} .$$

Следовательно

$$99,0 = 100 - \frac{100}{\left( 75 \cdot \frac{10,0}{50,0} + 1 \right)^n} ;$$

$$1,0 = \frac{100}{16^n} ; \quad n \lg 16 = 2 ;$$

$$n \approx 2 .$$

### РАЗДЕЛ 3. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Разделение катионов согласно кислотно-основной классификации основано на различной растворимости:

- 1) фосфатов в воде, кислотах, щелочи, водном растворе  $\text{NH}_3$ ;
- 2) хлоридов, сульфатов и гидроксидов в воде, растворе щелочи, водном растворе аммиака;
- 3) сульфидов, карбонатов в воде;
- 4) сульфидов в воде, сильных кислотах и водном растворе сульфида аммония.

2. НЕ ИСПОЛЬЗУЮТ в качестве группового реагента в кислотно-основной схеме анализа катионов:

- 1) гидроксид натрия;
- 2) аммиак;
- 3) серную кислоту;
- 4) хлорид натрия.

3. Для обнаружения катионов натрия применяют реагент, название которого:

- 1) гексагидроксоантимонат (V) калия;
- 2) тетрафенилборат калия;
- 3) гидротартрат аммония;
- 4) тетраиодомеркурат (II) калия.

4. Чёрные кубические кристаллы образует вещество, формула которого:

- 1)  $\text{NaZn}[(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_9] \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ;
- 2)  $\text{K}_2\text{Pb}[\text{Cu}(\text{NO}_2)_6]$ ;
- 3)  $\text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ ;
- 4)  $\text{CaSO}_4$ .

5. Для отделения  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$  от других катионов по кислотно-основной схеме анализа применяют:

- 1) 2 М  $\text{HCl}$ ;
- 2) 2 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- 3) 6 М  $\text{NaOH}$ ;
- 4) 1 М  $\text{NH}_3$ .

6. Растворим в растворе аммиака осадок:

- 1) иодида серебра;
- 2) оксалата кальция;
- 3) сульфата бария;
- 4) хлорида серебра.

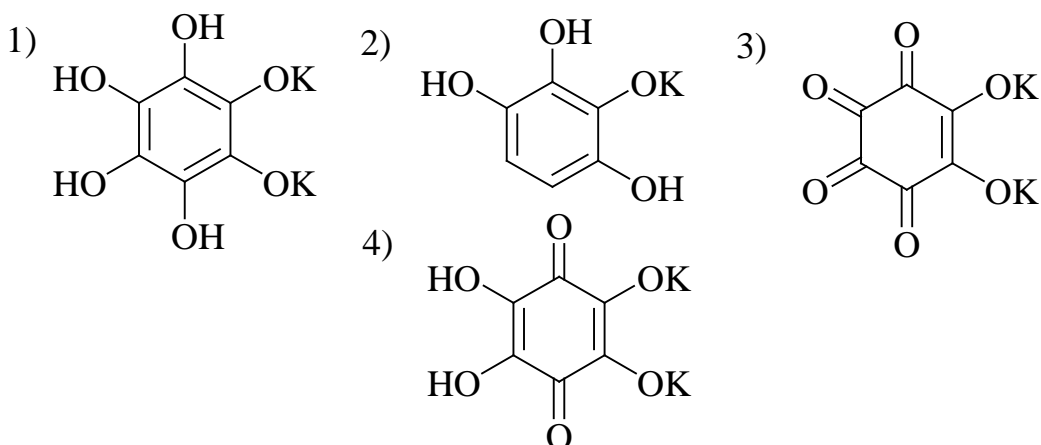
7. Верным является то, что:
- 1) для обнаружения катионов кальция используют гипсовую воду;
  - 2) летучие соли бария окрашивают бесцветное пламя в красный цвет;
  - 3) осадок оксалата кальция растворяется в хлороводородной кислоте;
  - 4) катионы стронция в нейтральной среде не взаимодействуют с гидрофосфат-ионами с образованием осадка.

8. Проводят на фильтровальной бумаге реакцию:
- 1) образования сульфата стронция;
  - 2) обнаружения катионов кальция с помощью гексацианоферрата (II) калия;
  - 3) взаимодействия катионов кальция с глиоксальгидроксианилом;
  - 4) растворимой соли бария с родизонатом калия.

9. Укажите все реакции, аналитическим эффектом в которых является выпадение осадка белого цвета: а) образование метоксифенилацетата натрия; б) взаимодействие катионов аммония с реактивом Несслера; в) взаимодействие гидрофосфат-ионов с катионами серебра; г) реакция катионов бария с сульфат-ионами.

- 1) а, б;
- 2) б, в;
- 3) а, г;
- 4) а, в, г.

10. Укажите структурную формулу родизоната калия:



11. Концентрационная константа равновесия  $2A_{(p-p)} + B_{(p-p)} = 2C_{(p-p)}$  имеет размерность:

- 1) моль/л;

- 2) л/моль;
- 3) моль<sup>2</sup>/л;
- 4) л/моль<sup>3</sup>.

12. Самую большую ионную силу имеет 0,05 М раствор:

- 1) хлорида натрия;
- 2) нитрата магния;
- 3) сульфата алюминия;
- 4) бромида кальция.

13. Укажите пару растворов, имеющих одинаковую ионную силу:

- 1) 0,05 М NaCl и 0,05 М CuSO<sub>4</sub>;
- 2) 0,1 М KBr и 0,05 М K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;
- 3) 0,03 М Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и 0,02 М CaCl<sub>2</sub>;
- 4) 0,01 М Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> и 0,01 М AlCl<sub>3</sub>.

14. В 1 л 0,01 М Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> растворили 0,1 моль KCl. При этом:

- 1) активности ионов Al<sup>3+</sup> и NO<sub>3</sub><sup>-</sup> в растворе уменьшились;
- 2) активности ионов Al<sup>3+</sup> и NO<sub>3</sub><sup>-</sup> в растворе увеличились;
- 3) активность ионов Al<sup>3+</sup> увеличилась, а NO<sub>3</sub><sup>-</sup> уменьшилась;
- 4) активность ионов Al<sup>3+</sup> уменьшилась, а NO<sub>3</sub><sup>-</sup> увеличилась.

15. Ступенчатые константы образования комплексного соединения ML<sub>2</sub> равны  $K_1 = 1 \cdot 10^4$  и  $K_2 = 2 \cdot 10^4$ . Общая константа образования ( $\beta_2$ ) данного комплексного соединения равна:

- 1)  $3 \cdot 10^4$ ;
- 2)  $2 \cdot 10^4$ ;
- 3)  $3 \cdot 10^8$ ;
- 4)  $2 \cdot 10^8$ .

16. Уравнение материального баланса по водороду для водного раствора щавелевой кислоты имеет вид:

- 1)  $c_H = [H^+] + [HC_2O_4^-] + [H_2C_2O_4]$ ;
- 2)  $c_H = [H^+] + [HC_2O_4^-] + 2[H_2C_2O_4]$ ;
- 3)  $c_H = [H^+] + 2[HC_2O_4^-] + [H_2C_2O_4]$ ;
- 4)  $c_H = 2[H^+] + [HC_2O_4^-] + [H_2C_2O_4]$ .

17. Уравнение электронейтральности для водного раствора нитрата кальция имеет вид:

- 1)  $2[Ca^{2+}] + [H^+] = [NO_3^-] + [OH^-]$ ;
- 2)  $[Ca^{2+}] + [H^+] = 2[NO_3^-] + [OH^-]$ ;
- 3)  $[Ca^{2+}] + [NO_3^-] = [H^+] + [OH^-]$ ;
- 4)  $[Ca^{2+}] + [H^+] + [NO_3^-] = [OH^-]$ .

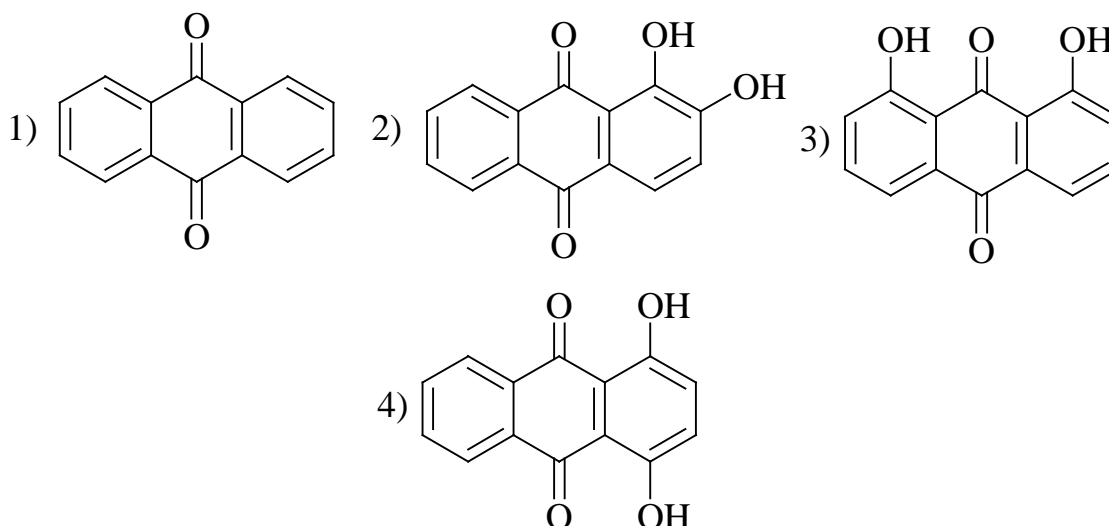
18. Реагент, используемый, для выделения IV аналитической группы катионов по кислотно-основной классификации, указан в ряду:

- 1)  $\text{HCl}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ;
- 2)  $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;
- 3)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KI}$ ,  $\text{NH}_3$ ;
- 4)  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2$ .

19. Укажите все реакции, аналитическим эффектом в которых является образование продукта красного цвета: а) взаимодействие катионов алюминия с ализарином; б) реакция образования дитизоната цинка; в) взаимодействие гидрофосфат-ионов с катионами серебра; г) получение надхромовых кислот.

- 1) а, в;
- 2) б, в;
- 3) а, б;
- 4) а, в, г.

20. Укажите структурную формулу ализарина:



21. Самым сильным основанием в водном растворе является основание сопряжённое с:

- 1)  $\text{HCl}$ ;
- 2)  $\text{HNO}_3$ ;
- 3)  $\text{HCOOH}$ ;
- 4)  $\text{HClO}$ .

22. Относится к протофильным растворителям:

- 1) диметилформамид;
- 2) ацетон;
- 3) бензол;
- 4) уксусная кислота.

23. Самый большой полезный интервал кислотности имеет растворитель:

- 1) этанол;
- 2) вода;
- 3) муравьиная кислота;
- 4) серная кислота.

24. Показатель константы кислотности уксусной кислоты в этаноле равен 10,4. Показатель константы основности ацетат-иона в данном растворителе равен:

- 1) 3,6;
- 2) 7,0;
- 3) 8,7;
- 4) 10,4.

25. Величина рН, соответствующая нейтральной среде в метаноле, равна:

- 1) 7,00;
- 2) 8,35;
- 3) 14,0;
- 4) 16,8.

26. Величина рН  $1 \cdot 10^{-12}$  М НСl равна:

- 1) 12;
- 2) 2;
- 3) 14;
- 4) 7.

27. Для того чтобы получить 500 мл раствора гидроксида натрия с рН 12, необходимо взять NaOH массой (мг):

- 1) 200;
- 2) 400;
- 3) 500;
- 4) 1200.

28. Величина рН максимальна в 0,1 М растворе:

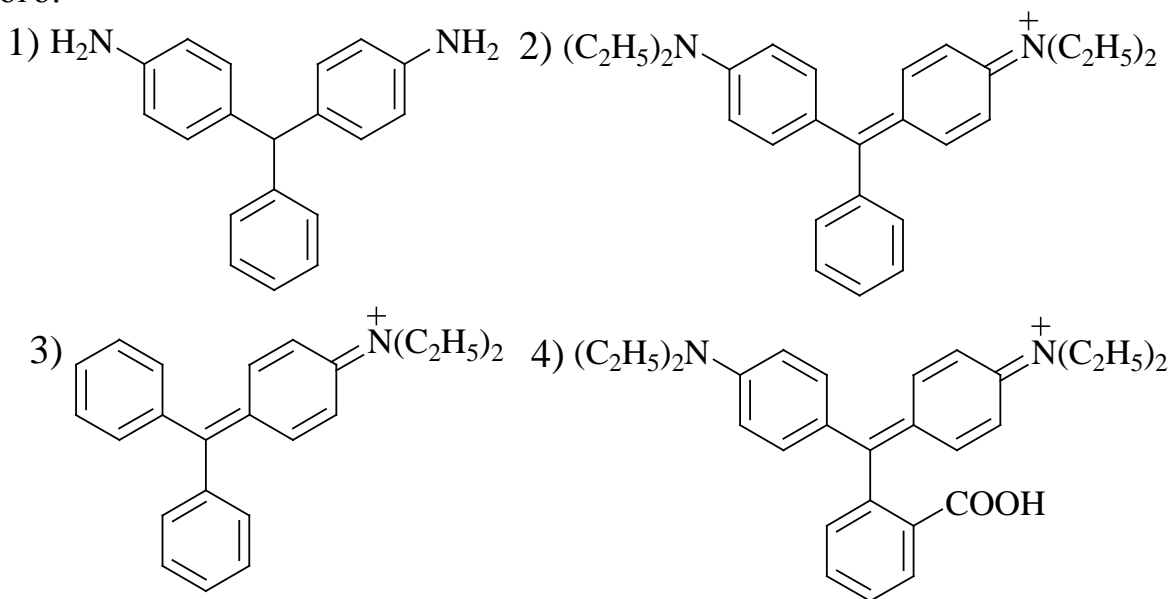
- 1) серной кислоты;
- 2) сероводорода;
- 3) ацетата калия;
- 4) фосфата натрия.

29. Укажите все реакции, аналитическим эффектом в которых является образование продукта жёлтого цвета: а) взаимодействие катионов железа (II) с гексацианоферратом (II) калия; б) взаимодействие катионов висмута (III) с тиомочевинной; в) окисление катионов марганца

(II) висмутатом натрия; г) образование трисалицилата железа (III) в щелочной среде.

- 1) а, в;
- 2) б, в;
- 3) б, г;
- 4) а, г.

30. Укажите структурную формулу катиона бриллиантового зелёного:



31. В растворе присутствуют HCl (0,1 моль/л) и H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,1 моль/л). Величина pH данного раствора:

- 1) равна сумме pH растворов данных кислот;
- 2) равна произведению pH растворов данных кислот;
- 3) приблизительно равна pH 0,1 М HCl;
- 4) приблизительно равна pH 0,1 М H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>.

32. Является амфолитом в водном растворе:

- 1) ацетат натрия;
- 2) ацетат аммония;
- 3) хлорид натрия;
- 4) хлорид аммония.

33. Самую кислую среду имеет 0,1 М раствор:

- 1) формиата аммония;
- 2) гидрофосфата аммония;
- 3) цианида аммония;
- 4) хлорида аммония.

34. Лимонная кислота является трёхосновной кислотой ( $K_{a,1} = 7,4 \cdot 10^{-4}$ ;  $K_{a,2} = 2,2 \cdot 10^{-5}$ ;  $K_{a,3} = 4,0 \cdot 10^{-7}$ ). При pH 7,0 равновесная концентрация будет максимальной у частицы:

- 1) молекула лимонной кислоты;
- 2) дигидроцитрат-ион;
- 3) гидроцитрат-ион;
- 4) цитрат-ион.

35. Кислотно-основный буферный раствор образуется при смешивании 100 мл 0,1 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и 100 мл:

- 1) 0,2 М  $\text{KOH}$ ;
- 2) 0,05 М  $\text{NaOH}$ ;
- 3) 0,1 М  $\text{HCOOH}$ ;
- 4) 0,1 М  $\text{HCl}$ .

36. Равновесная концентрация ацетат-ионов в растворе в 10 раз больше равновесной концентрации молекул уксусной кислоты. Укажите величину pH такого раствора:

- 1) 3,76;
- 2) 4,76;
- 3) 5,76;
- 4) 10,0.

37. Самой большой буферной ёмкостью из перечисленных ниже буферных систем обладает:

- 1) 0,03 М  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  / 0,03 М  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ;
- 2) 0,01 М  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  / 0,05 М  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ;
- 3) 0,05 М  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  / 0,02 М  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ;
- 4) 0,05 М  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  / 0,05 М  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .

38. Необходимо, чтобы в процессе проведения анализа pH раствора оставался равным 7. Лучше всего подходит для поддержания такого значения pH буферный раствор состава:

- 1)  $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{NaHPO}_4$ ;
- 2)  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$ ;
- 3)  $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_3$ ;
- 4)  $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4$ .

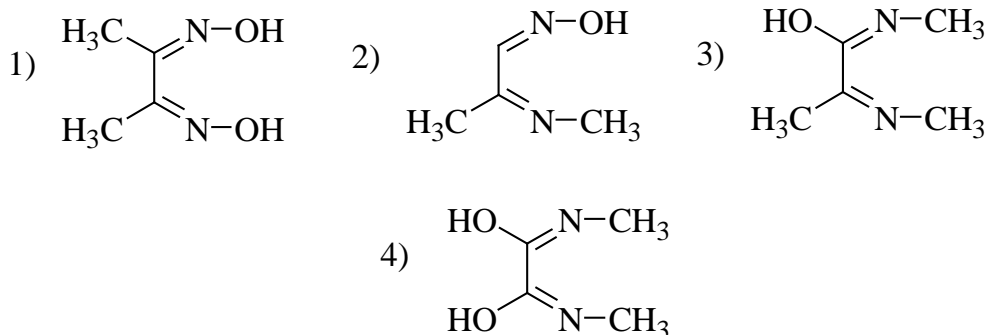
39. Укажите все реакции, аналитическим эффектом в которых является образование растворимого в воде окрашенного продукта: а) взаимодействие катионов меди (II) с избытком аммиака; б) реакция катионов кобальта (II) с  $\alpha$ -нитрозо- $\beta$ -нафтолом; в) взаимодействие катионов кадмия с избытком раствора щёлочи; г) реакция катионов висмута (III) с избытком иодид-ионов.

- 1) а, в;



- 2) б, в;
- 3) б, г;
- 4) а, г.

40. Укажите структурную формулу диметилглиоксима:



41. Координационное число и степень окисления центрального иона в комплексном соединении  $\text{NH}_4[\text{Cr}(\text{SCN})_4(\text{NH}_3)_2]$  соответственно равны:

- 1) 6 и +3;
- 2) 6 и +4;
- 3) 4 и +3;
- 4) 4 и +6.

42. Десятичный логарифм константы образования некоторого комплексного соединения равен 5. Константа нестойкости этого комплекса равна:

- 1) 1/5;
- 2)  $1 \cdot 10^{-5}$ ;
- 3)  $1 \cdot 10^5$ ;
- 4)  $1 \cdot 10^{-9}$ .

43. Самый неустойчивый из перечисленных ниже комплексный ион (в скобках приведены значения  $\lg \beta_4$ ) это:

- 1)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  (5,07);
- 2)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  (12,03);
- 3)  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  (7,47);
- 4)  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  (9,46).

44. Самой жёсткой кислотой является частица:

- 1)  $\text{Cu}^+$ ;
- 2)  $\text{Ag}^+$ ;
- 3)  $\text{Cs}^+$ ;
- 4)  $\text{Li}^+$ .

45. Концентрационная общая константа образования при ионной силе 0,2 будет сильнее всего отличаться от соответствующей термодинамической константы для комплекса:

- 1)  $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ ;
- 2)  $[\text{Fe}(\text{SCN})_2]^+$ ;
- 3)  $[\text{Fe}(\text{SCN})_3]$ ;
- 4)  $[\text{Fe}(\text{SCN})_5]^{2-}$ .

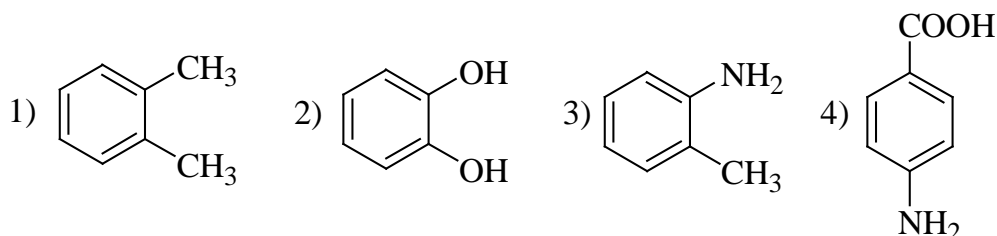
46. Укажите комплексную частицу, для которой понижение pH приводит к заметному уменьшению условной константы устойчивости:

- 1)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ;
- 2)  $[\text{AgBr}_2]^-$ ;
- 3)  $[\text{Ag}(\text{SCN})_2]^-$ ;
- 4)  $[\text{AgCl}_3]^-$ .

47. Относится к O,N-хелатообразующими лигандам:

- 1) ализарин;
- 2) дитизон;
- 3) 8-гидроксихинолин;
- 4) этилендиамин.

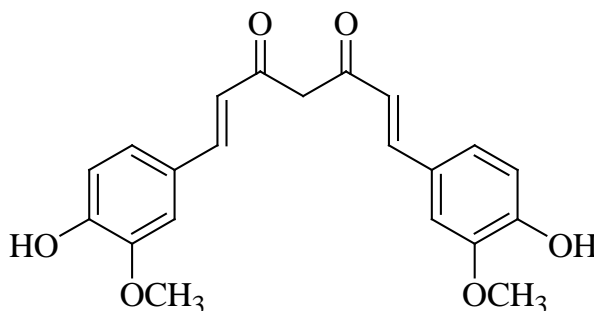
48. Укажите вещество, которое может взаимодействовать с катионами металлов, образуя хелаты:



49. Укажите все анионы, относящиеся к I аналитической группе: а) сульфат-ион; б) хлорид-ион; в) сульфид-ион; г) фторид-ион.

- 1) а, в;
- 2) б, в;
- 3) б, г;
- 4) а, г.

50. Вещество, формула которого приведена ниже, называется:



- 1) фуксин;
- 2) куркумин;
- 3) ализарин;
- 4) дитизон.

51. Равновесная концентрация ионов металла будет наименьшей в насыщенном водном растворе вещества (в скобках приведены  $K_s$ ):

- 1)  $\text{CuS}$  ( $6,3 \cdot 10^{-36}$ );
- 2)  $\text{MnS}$  ( $2,5 \cdot 10^{-10}$ );
- 3)  $\text{HgS}$  ( $1,6 \cdot 10^{-52}$ );
- 4)  $\text{PbS}$  ( $2,5 \cdot 10^{-27}$ ).

52. Произведение растворимости сильного электролита  $\text{A}_2\text{B}$  равно  $4 \cdot 10^{-12}$ . Ни катион, ни анион, входящий в состав осадка, не вступают в побочные реакции. Растворимость  $\text{A}_2\text{B}$  равна (моль/л):

- 1)  $1 \cdot 10^{-4}$ ;
- 2)  $2 \cdot 10^{-6}$ ;
- 3)  $4 \cdot 10^{-5}$ ;
- 4)  $2 \cdot 10^{-12}$ .

53. Произведение растворимости для малорастворимого комплекса АВ равно  $1,0 \cdot 10^{-8}$ , а величина константы образования –  $2,0 \cdot 10^3$ . Молекулярная растворимость АВ равна (моль/л):

- 1)  $2,0 \cdot 10^{-5}$ ;
- 2)  $2,0 \cdot 10^{-11}$ ;
- 3)  $1,0 \cdot 10^{-4}$ ;
- 4)  $3,0 \cdot 10^{-3}$ .

54. Произведение растворимости для слабой кислоты НА равно  $1,0 \cdot 10^{-6}$ , а величина константы кислотности –  $1,0 \cdot 10^{-4}$ . Молекулярная растворимость НА равна (моль/л):

- 1)  $1,0 \cdot 10^{-10}$ ;
- 2)  $1,0 \cdot 10^{-5}$ ;
- 3)  $2,0 \cdot 10^{-6}$ ;
- 4)  $1,0 \cdot 10^{-2}$ .

55. К наиболее сильному увеличению растворимости оксалата бария приведёт добавление к 100 мл насыщенного раствора этого вещества, находящегося в равновесии с осадком, 0,1 моль:

- 1)  $\text{NaCl}$ ;
- 2)  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ;
- 3)  $\text{NaOH}$ ;
- 4)  $\text{HCl}$ .

56. Изменение pH среды практически не влияет на растворимость:

- 1) гидроксида магния;
- 2) фосфата бария;
- 3) карбоната цинка;
- 4) молекул бензойной кислоты.

57. Реакцию комплексообразования обычно используют для растворения осадка:

- 1)  $\text{BaSO}_4$ ;
- 2)  $\text{AgCl}$ ;
- 3)  $\text{MnS}$ ;
- 4)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .

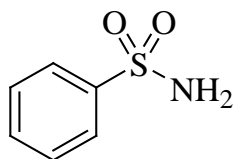
58. Укажите ряд анионов, все представители которого образуют осадки с катионами  $\text{Ba}^{2+}$  в нейтральной среде:

- 1)  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ;
- 2)  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{BrO}_3^-$ ;
- 3)  $\text{CNS}^-$ ,  $\text{BrO}_3^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{Br}^-$ ;
- 4)  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{CNS}^-$ .

59. Укажите все анионы, образующие с катионом серебра осадки, нерастворимые в разбавленной азотной кислоте: а) хлорид; б) дигидрофосфат; в) тиоцианат; г) иодид.

- 1) а, б, в, г;
- 2) б, в;
- 3) а, б, г;
- 4) а, в, г.

60. Формула, приведенная ниже, соответствует одному из продуктов реакции:



- 1) бромид-ионов с хлорамином;
- 2) сульфат-ионов с родизонатом бария;
- 3) борат-ионов с куркумином;
- 4) фторид-ионов с цирконий-ализариновым комплексом.

61. Невозможно протекание реакции:

- 1)  $\text{Zn} + \text{AsH}_3 = \text{Zn}^{2+} + \text{As} + 2\text{H}^+$ ;
- 2)  $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + \text{Fe}^{3+} = \text{Mn}^{2+} + \text{Fe}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ ;
- 3)  $2\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{Br}_2 + 10\text{OH}^- = 2\text{CrO}_4^{2-} + 6\text{Br}^- + 8\text{H}_2\text{O}$ ;
- 4)  $\text{Cr}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = \text{Cr}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ .

62. Укажите частицу, среди выделенных полужирным шрифтом, которая является самым сильным окислителем:

- 1)  $\mathbf{I_3^-} + 2\bar{e} = 3\mathbf{I^-}$ ;  $E^0 = +0,545 \text{ В}$ ;
- 2)  $2\mathbf{IBr} + 2\bar{e} = \mathbf{I_2} + 2\mathbf{Br^-}$ ;  $E^0 = +1,02 \text{ В}$ ;
- 3)  $2\mathbf{ICl} + 2\bar{e} = \mathbf{I_2} + 2\mathbf{Cl^-}$ ;  $E^0 = +1,19 \text{ В}$ ;
- 4)  $\mathbf{ICN} + 2\bar{e} = \mathbf{I^-} + \mathbf{CN^-}$ ;  $E^0 = +0,30 \text{ В}$ .

63. Укажите анион, среди выделенных полужирным шрифтом, который является самым сильным восстановителем:

- 1)  $\mathbf{S_4O_6^{2-}} + 2\bar{e} = 2\mathbf{S_2O_3^{2-}}$ ;  $E^0 = +0,09 \text{ В}$ ;
- 2)  $\mathbf{SO_4^{2-}} + 4\mathbf{H_2O} + 8\bar{e} = \mathbf{S^{2-}} + 8\mathbf{OH^-}$ ;  $E^0 = -0,68 \text{ В}$ ;
- 3)  $2\mathbf{SO_4^{2-}} + \mathbf{H_2O} + 2\bar{e} = \mathbf{SO_3^{2-}} + 2\mathbf{OH^-}$ ;  $E^0 = -0,93 \text{ В}$ ;
- 4)  $2\mathbf{SO_3^{2-}} + 2\mathbf{H_2O} + 2\bar{e} = \mathbf{S_2O_4^{2-}} + 4\mathbf{OH^-}$ ;  $E^0 = -1,12 \text{ В}$ .

64. Может быть использован для окисления при стандартных условиях бромид-ионов до  $\mathbf{Br_2}$  ( $E^0_{\mathbf{Br_2}/2\mathbf{Br^-}} = +1,087 \text{ В}$ ) окислитель:

- 1)  $\mathbf{Cr^{3+}}$  ( $\mathbf{Cr^{3+}} + \bar{e} = \mathbf{Cr^{2+}}$ ;  $E^0 = -0,41 \text{ В}$ );
- 2)  $\mathbf{Fe^{3+}}$  ( $\mathbf{Fe^{3+}} + \bar{e} = \mathbf{Fe^{2+}}$ ;  $E^0 = +0,771 \text{ В}$ );
- 3)  $\mathbf{Cr_2O_7^{2-}}$  ( $\mathbf{Cr_2O_7^{2-}} + 14\mathbf{H^+} + 6\bar{e} = 2\mathbf{Cr^{3+}} + 7\mathbf{H_2O}$ ;  $E^0 = +1,33 \text{ В}$ );
- 4)  $\mathbf{K_3[Fe(CN)_6]}$  ( $\mathbf{[Fe(CN)_6]^{3-}} + \bar{e} = \mathbf{[Fe(CN)_6]^{4-}}$ ;  $E^0 = +0,364 \text{ В}$ ).

65. Величина электродного потенциала водородного электрода, измеренного относительно стандартного водородного электрода, будет самой отрицательной в 0,1 М растворе:

- 1)  $\mathbf{HCl}$ ;
- 2)  $\mathbf{NaOH}$ ;
- 3)  $\mathbf{NH_3}$ ;
- 4)  $\mathbf{CH_3COOH}$ .

66. Самую малую величину произведения растворимости имеет:

- 1)  $\mathbf{AgBrO_3}$  ( $\mathbf{AgBrO_3\downarrow} + \bar{e} = \mathbf{Ag\downarrow} + \mathbf{BrO_3^-}$ ;  $E^0 = +0,55 \text{ В}$ );
- 2)  $\mathbf{AgCNO}$  ( $\mathbf{AgCNO\downarrow} + \bar{e} = \mathbf{Ag\downarrow} + \mathbf{CNO^-}$ ;  $E^0 = +0,41 \text{ В}$ );
- 3)  $\mathbf{AgCN}$  ( $\mathbf{AgCN\downarrow} + \bar{e} = \mathbf{Ag\downarrow} + \mathbf{CN^-}$ ;  $E^0 = -0,04 \text{ В}$ );
- 4)  $\mathbf{AgCl}$  ( $\mathbf{AgCl\downarrow} + \bar{e} = \mathbf{Ag\downarrow} + \mathbf{Cl^-}$ ;  $E^0 = +0,222 \text{ В}$ ).

67. При повышении pH от 0 до 2,0 величина электродного потенциала для восстановления перманганат-ионов до марганца (II) (активности всех веществ, кроме  $\mathbf{H^+}$ , равны 1):

- 1) не изменяется;
- 2) уменьшается в 2 раза;
- 3) увеличивается на 0,19 В;
- 4) уменьшается на 0,19 В.

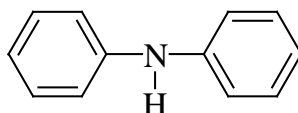
68. Укажите ряд анионов, все представители которого взаимодействуют с KI в кислой среде с образованием I<sub>2</sub>.

- 1) BrO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, IO<sub>3</sub><sup>-</sup>;
- 2) Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, I<sup>-</sup>;
- 3) CNS<sup>-</sup>, CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>;
- 4) CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

69. При добавлении к анализируемому раствору KI в кислой среде не происходит появления бурой окраски вследствие выделения иода и выделения пузырьков газа. Укажите анионы, которые отсутствуют в анализируемом растворе: а) карбонат; б) нитрит; в) сульфат; г) бромат.

- 1) а, б, в;
- 2) б, в, г;
- 3) а, б, г;
- 4) а, в, г.

70) Вещество, формула которого приведена ниже, используют для обнаружения анионов:



- 1) хлоридов, бромидов и иодидов;
- 2) фосфатов и арсенатов;
- 3) любых серосодержащих анионов;
- 4) нитратов и нитритов.

71. К методам разделения, основанным на образовании выделяемым веществом новой фазы, относится:

- 1) жидкость-жидкостная экстракция;
- 2) возгонка;
- 3) электрофорез;
- 4) ультрафильтрация.

72. Коэффициент распределения слабого основания в отличие от его константы распределения зависит от:

- 1) температуры;
- 2) природы экстрагента;
- 3) молярной массы экстрагируемого вещества;
- 4) pH.

73. Наименьшую величину константы распределения между хлороформом и водой при прочих одинаковых условиях имеет:

- 1) метанол;
- 2) этанол;
- 3) пропанол-1;

4) пропанол-2.

74. К нейтральным (координационным) экстрагентам относится:

- 1) дитизон;
- 2) диэтилдитиокарбамат натрия;
- 3) пикриновая кислота;
- 4) трибутилфосфат.

75. Дитизонаты металлов относятся к группе экстрагирующихся соединений:

- 1) координационно несольватированные нейтральные соединения с ковалентной связью;
- 2) координационно сольватированные нейтральные комплексы;
- 3) ионные ассоциаты;
- 4) внутрикомплексные соединения.

76. Коэффициент распределения вещества между хлороформом и водой равен 4,0. При равенстве объёмов водной и органической фаз степень однократной экстракции (%) вещества составит:

- 1) 4,0;
- 2) 40;
- 3) 80;
- 4) 96.

77. Экстракция амфолита ( $pK_{a,1} = 6,0$ ,  $pK_{a,2} = 10,0$ ) неполярным органическим растворителем максимальна при pH:

- 1) 6,0;
- 2) 8,0;
- 3) 10,0;
- 4) больше 12.

78. Делительная воронка используется для проведения экстракции:

- 1) периодической;
- 2) противоточной;
- 3) непрерывной;
- 4) любых видов.

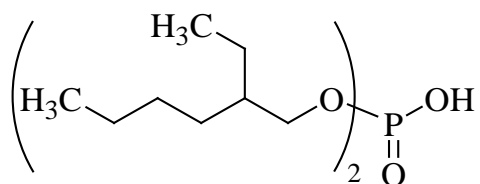
79. Укажите все факторы, которые увеличивают степень однократной экстракции вещества: а) увеличение коэффициента распределения; б) увеличение соотношения объёмов органической и водной фаз; в) увеличение общего объёма системы при постоянном соотношении водной и органической фаз; г) добавление экстрагента дробными порциями.

- 1) а, б, в;
- 2) б, в, г;

3) а, б, г;

4) а, в, г.

80. Вещество, формула которого приведена ниже, используют в качестве:



1) экстрагента для извлечения из водной фазы анионов карбоновых кислот;

2) координационного экстрагента;

3) кислотного экстрагента;

4) хелатообразующего реагента.



# ЧАСТЬ II

## ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

### РАЗДЕЛ 1. ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ

#### АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И ХЕМОМЕТРИКА

1. Что такое систематическая и случайная погрешность? Каковы причины их возникновения?

2. Что такое воспроизводимость результатов анализа? Чем отличаются понятия «сходимость» и «повторяемость»? Почему воспроизводимость удобно характеризовать именно величиной относительного стандартного отклонения?

3. Что такое правильность результатов анализа? Какие приёмы, используемые для оценки правильности, Вам известны?

4. Что такое случайная величина, нормальное распределение, выборка? Объясните, почему в том случае, когда результаты серии измерений имеют нормальное распределение, результат, отличающийся от среднего значения больше, чем на 3 стандартных отклонения, можно считать промахом?

5. Что такое аналитический сигнал, полезный аналитический сигнал, единичное определение, параллельные определения, результат анализа?

6. Какие методы анализа называются эталонными (относительными) и какие безэталонными? Что такое стандартное вещество и стандартный образец?

7. Что такое предел обнаружения и предел определения? Объясните, почему минимальным обнаруживаемым сигналом можно считать такой, который превышает среднее значения сигнала контрольного опыта на  $3 S$  последнего.

8. Что такое «область определяемых содержаний»? Как можно определить её нижнюю (верхнюю) границу?

9. Какие погрешности называют грубыми (промахами)? Какова причина их возникновения? В каких случаях для исключения промахов можно использовать Q-критерий и как это делается?

10. Что такое чувствительность и чем она отличается от предела обнаружения (или предела определения)?

11. При установлении концентрации лекарственного вещества в крови больного были проведены 4 параллельных определения и получены следующие результаты (мкг/мл) 3,20, 3,80, 4,20, 3,60. При анализе этого же образца другим методом определено, что концентрация вещества в крови равна 2,80 мкг/мл ( $S_T = 8,2 \cdot 10^{-2}$ ,  $n = 6$ ). Имеются ли статистически

достоверные различия в средних величинах концентрации лекарственного вещества, определённых различными методами?

12. При определении массы дибазола в таблетках титриметрическим методом получены следующие результаты параллельных определений (мг в расчёте на среднюю массу 1 таблетки) 19,9; 20,2; 38,8; 19,6; 20,4. Рассчитайте границы доверительного интервала (доверительная вероятность 95%) и относительное стандартное отклонение результата анализа.

13. При определении массовой доли лекарственного вещества в мази аналитик А провёл 4 параллельных определения и получил следующие результаты:  $\bar{w} = 0,98\%$ ,  $S_r = 2,2 \cdot 10^{-2}$ . При анализе этого же образца аналитик Б провёл 6 параллельных определений и нашёл, что  $\bar{w} = 0,94\%$ ,  $S_r = 1,1 \cdot 10^{-2}$ . Имеются ли статистически достоверные различия в воспроизводимости и средних значениях результатов, полученных двумя аналитиками?

14. При определении димедрола в таблетках титриметрическим методом получены следующие результаты параллельных определений (г в расчёте на среднюю массу 1 таблетки) 0,1020; 0,1030; 0,1000; 0,1020; 0,1010. Рассчитайте границы доверительного интервала (доверительная вероятность 95%) и относительное стандартное отклонение результата анализа.

15. Для оценки правильности новой высокочувствительной и экспрессной методики определения лекарственного вещества результаты анализа были сравнены с результатами, полученными стандартным методом. В первом случае были получены следующие значения массы лекарственного вещества в исследуемом объекте (мг): 5,1; 5,7; 5,3; 5,5; 5,9. В случае использования стандартного метода ( $n = 4$ ) оказалось, что  $\bar{m} = 6,2$  мг,  $S^2 = 0,15$ . Можно ли считать результаты анализа, полученные с помощью новой методики, правильными?

16. При определении массы промедола в таблетках титриметрическим методом получены следующие результаты параллельных определений (мг в расчёте на среднюю массу 1 таблетки) 24,9; 25,2; 25,0; 25,1; 20,3. Рассчитайте границы доверительного интервала (доверительная вероятность 95%) и относительное стандартное отклонение результата анализа.

17. При анализе таблеток парацетамола, выпускаемых заводом № 1, было найдено, что средняя масса лекарственного вещества в одной таблетке равна 199,8 мг,  $S^2 = 2,65$ . При анализе таблеток, выпускаемых заводом № 2, с помощью этой же методики было найдено, что средняя масса парацетамола в одной таблетке равна 220,0 мг,  $S_r = 1,8 \cdot 10^{-2}$ . Имеются ли статистически достоверные различия в содержании парацетамола в таблетках, выпускаемых разными заводами? В обоих случаях было проведено по 5 параллельных определений.

18. При анализе таблеток, содержащих берберина бисульфат, получены такие значения массы определяемого вещества (мг) в таблетке,

считая на среднюю массу одной таблетки: 5,0; 5,2; 5,1; 5,2; 5,0. Рассчитайте среднее значение результата анализа, границы его доверительного интервала и относительное стандартное отклонение полученных результатов.

19. При анализе таблеток одной и той же серии с помощью одной и той же методики анализа в лаборатории № 1 было установлено, что средняя масса лекарственного вещества в 1 таблетке составляет 5,5 мг ( $S^2 = 3,0 \cdot 10^{-3}$ ), а в лаборатории № 2 – 5,2 мг ( $S^2 = 1,6 \cdot 10^{-3}$ ). Сравните значения средней массы лекарственного вещества, полученные в двух лабораториях, если в каждой из них было проведено по 4 параллельных определения.

20. При определении массовой доли (%) оксида ртути (II) в глазной мази получены следующие результаты параллельных определений 1,95; 1,02; 2,05; 2,02; 1,98. Рассчитайте границы доверительного интервала (доверительная вероятность 95%) и относительное стандартное отклонение результата анализа.

21. При анализе двух серий таблеток аскорбиновой кислоты титриметрическим методом были получены следующие результаты параллельных определений массы лекарственного вещества в 1 таблетке (мг): I серия - 50,4, 50,8, 50,6, 50,6; II серия - 52,1; 51,6; 51,8. Имеются ли статистически достоверные различия в содержании аскорбиновой кислоты в таблетках двух серий?

22. При определении массы желчегонного средства берберина бисульфата в таблетках получены следующие результаты параллельных определений (мг в расчёте на среднюю массу 1 таблетки) 5,00; 4,96; 5,04; 5,82; 5,02. Рассчитайте границы доверительного интервала (доверительная вероятность 95%) и относительное стандартное отклонение результата анализа.

23. При определении ципрофлоксацина гидрохлорида в таблетках фотометрическим методом по реакции с эозином были получены следующие величины массы (г) лекарственного вещества в расчёте на среднюю массу одной таблетки: 0,244; 0,245; 0,239; 0,247; 0,242. При анализе этого же образца таблеток УФ-спектрофотометрическим методом было найдено, что  $\bar{m} = 0,240$  г;  $S_r = 1,1 \cdot 10^{-2}$ , причём было проведено 5 параллельных определений. Имеются ли статистически достоверные различия в средних значениях массы ципрофлоксацина гидрохлорида, полученных двумя методами?

24. При определении массы парацетамола в таблетках титриметрическим методом получены следующие результаты параллельных определений (г в расчёте на среднюю массу 1 таблетки) 0,1992; 0,1989; 0,2000; 0,2990; 0,1996. Рассчитайте границы доверительного интервала (доверительная вероятность 95%) и относительное стандартное отклонение результата анализа.

25. При определении концентрации лекарственного вещества в растворе были получены следующие результаты параллельных

определений (мг/мл) 0,58, 0,54, 0,52, 0,58, 0,52. При анализе этого же раствора с помощью такой же методики в аналогичных условиях через 1 месяц были получены следующие результаты: 0,48, 0,50, 0,52, 0,55, 0,46. Можно ли считать, что в процессе хранения раствора в течение данного периода концентрация лекарственного вещества в нём изменилась?

26. При потенциометрическом определении рН 0,5%-ной водной суспензии антибиотика феноксиметилпенициллина получены следующие результаты параллельных определений: 3,05; 3,15; 3,00; 3,10; 3,12. Рассчитайте границы доверительного интервала (доверительная вероятность 95%) и относительное стандартное отклонение результата анализа.

27. При определении массы лекарственного вещества аминазина в драже титриметрическим методом получены следующие результаты:  $\bar{m} = 25,1$  мг,  $S^2 = 0,310$ . При анализе этого же образца драже методом УФ-спектрофотометрии было найдено, что  $\bar{m} = 24,9$  мг,  $S^2 = 0,450$ . Сравните средние результаты, полученные обоими методами, и воспроизводимость. В каждом случае было проведено по 6 параллельных определений.

28. При определении концентрации местноанестезирующего средства новокаина в растворе для инъекций титриметрическим методом получены следующие результаты параллельных определений (мг/мл) 48,9; 49,6; 50,4; 49,2; 49,6. Рассчитайте границы доверительного интервала (доверительная вероятность 95%) и относительное стандартное отклонение результата анализа.

29. При определении массовой доли (%) оксида цинка в мази были получены следующие результаты: 10,05, 10,00, 10,15, 10,10. При определении массовой доли данного вещества в другой партии мази в аналогичных условиях было определено, что  $\bar{\omega} = 10,20$  %,  $S_r = 8,0 \cdot 10^{-3}$ , причём было проведено 5 параллельных определений. Имеются ли статистически достоверные различия в содержании оксида цинка в одной и другой партиях мази?

30. При определении массы аскорбиновой кислоты в таблетках титриметрическим методом получены следующие результаты параллельных определений (мг в расчёте на среднюю массу 1 таблетки) 49,6; 49,9; 49,5; 49,8; 49,9. Рассчитайте границы доверительного интервала (доверительная вероятность 95%) и относительное стандартное отклонение результата анализа.

31. При определении концентрации лекарственного вещества в растворе титриметрическим методом студент А получил следующие результаты (г/100 мл раствора) 0,54; 0,62; 1,67; 0,60; 0,56, а студент Б 0,58; 0,62; 0,54; 0,48. Имеются ли статистически достоверные различия в воспроизводимости и средних значениях результатов, полученных двумя студентами.

## ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА

32. Чем отличаются понятия «осаждаемая форма» и «гравиметрическая форма»? Приведите примеры гравиметрических определений, для которых обе эти формы представляют собой одно и то же вещество, являются разными веществами?

33. Какие осадки называются кристаллическими и какие аморфными? От чего зависит характер образующегося осадка?

34. Что такое соосаждение, совместное осаждение и последующее осаждение? Перечислите основные виды соосаждения.

35. Что такое коллоидная частица и как она образуется? Напишите формулу мицеллы, образующейся при взаимодействии бромида натрия с избытком нитрата серебра.

36. С учётом влияния различных факторов на процесс образования кристаллического осадка объясните выбор условий для получения осадка сульфата бария. Почему осаждение проводят из разбавленного раствора? Почему осадитель добавляют по каплям при постоянном перемешивании? Почему раствор кипятят? Почему полученный осадок отделяют от раствора не сразу, а через некоторое время?

37. Исходя из каких критериев выбирают массу осаждаемой формы? Почему, например, оптимальная масса осадка  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  составляет 0,07 - 0,1 г, а  $\text{PbSO}_4$  - до 0,5 г. Почему нежелательно, чтобы масса  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  составляла 10 г или 0,001 г?

38. Что такое коагуляция, пептизация? Какие ионы (катионы или анионы) будут обладать коагулирующим действием по отношению к коллоидным частицам, образующимся при добавлении к раствору  $\text{NaCl}$  избытка раствора  $\text{AgNO}_3$ ?

39. Что такое «метод возникающих реагентов»? Какими преимуществами обладает такой способ осаждения по сравнению с обычным добавлением осадителя?

40. Каким образом выбирают фильтр для отделения осадка от раствора? Что такое «беззольный фильтр»? Чем отличается фильтр «синяя лента» от, например, фильтра «чёрная лента»? Что такое «декантация»? Почему раствор, содержащий осадок, фильтруют, наливая его не непосредственно на фильтр, а на стеклянную палочку?

41. Что такое адсорбция? Сформулируйте правила адсорбции Панета – Фаянса – Гана. От каких факторов зависит количество примесей, адсорбированных осадком?

42. Содержание  $\text{Vi}_2\text{O}_3$  в образце лекарственного средства составляет приблизительно 55%. Рассчитайте массу навески этого образца, которую необходимо взять для получения 0,2 г  $\text{Vi}(\text{C}_9\text{H}_6\text{ON})_3$ .

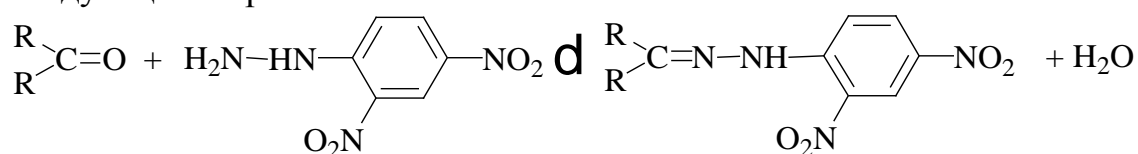
43. Для определения  $(\text{BiO})_2\text{CO}_3$  ( $M = 509,97$  г/моль) в образце лекарственного средства навеску массой 0,2212 г растворили в разбавленной азотной кислоте и осадил  $\text{Bi}^{3+}$  в виде  $\text{BiOCl}$  добавлением хлорид-ионов. После высушивания при 100 °С масса данного осадка

оказалась равной 0,0555 г. Рассчитайте массовую долю  $(\text{BiO})_2\text{CO}_3$  в образце.

44. Какой объём раствора с массовой долей диметилглиоксима 1% ( $\rho \approx 1$  г/мл), с учётом 10%-ного его избытка, необходимо взять для осаждения ионов никеля из раствора, содержащего 0,1 г  $\text{NiCl}_2$ .

45. Вычислите массовые доли (%) сульфата натрия и хлорида натрия в образце технического сульфата натрия, если из навески массой 0,3500 г было получено 0,5032 г  $\text{BaSO}_4$  и 0,0131 г  $\text{AgCl}$ .

46. Определение прогестерона ( $\text{C}_{21}\text{H}_{30}\text{O}_2$ ,  $M = 314,47$  г/моль) в масляном растворе проводили гравиметрическим методом по реакции с 2,4-динитрофенилгидразином. Вещества, содержащие в молекуле карбонильную группу, реагируют с 2,4-динитрофенилгидразином следующим образом:



Масса осадка, полученного при взаимодействии с 2,4-динитрофенилгидразином, прогестерона, содержащегося в 2,00 мл исследуемого раствора, составила 0,0425 г. Рассчитайте массу прогестерона в 1,00 мл анализируемого раствора. В молекуле прогестерона содержатся 2 карбонильные группы:

47. Рассчитайте массу пробы анализируемого образца, в 1 г которого содержится примерно 200 мг  $\text{BaCl}_2$ , которую необходимо взять для того, чтобы получить 0,50 г прокалённого осадка  $\text{BaSO}_4$ . Сколько граммов диметилсульфата, с учётом 20%-ного его избытка, потребуется для осаждения ионов  $\text{Ba}^{2+}$ , содержащегося в этой пробе?

48. Навеску образца лекарственного средства, содержащего дигидроксогаллат висмута (лекарственное вещество дерматол), массой 0,2989 г подвергли минерализации смесью концентрированных азотной и серной кислот. Ионы висмута в полученном минерализате определяли гравиметрически, используя в качестве осадителя 8-гидроксихинолин. Масса высушенного осадка  $\text{Bi}(\text{C}_9\text{H}_6\text{ON})_3$  оказалась равной 0,3703 г. Рассчитайте массовую долю  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ( $M = 465,96$  г/моль) в образце. Оцените качество данного образца лекарственного средства (массовая доля  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  в образце, соответствующем требованиям нормативной документации, должна быть не менее 52,0% и не более 56,5%).

49. Навеску органического соединения, состоящего из С, Н и О, массой 0,1150 г сожгли до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Увеличение массы трубки с гидроксидом натрия за счёт поглощения углекислого газа составило 0,1686 г. Увеличение массы трубки, заполненной безводным хлоридом кальция, за счёт поглощения воды составило 0,0345 г. Вычислить массовые доли (%) углерода, водорода и кислорода в анализируемом соединении и определить его простейшую формулу.

50. Какую навеску образца с массовой долей NaCl 20% следует взять для определения хлорида в виде AgCl, чтобы масса гравиметрической формы не превышала 0,5 г.

51. Навеску массой 2,8988 г образца растёртых таблеток, содержащих FeSO<sub>4</sub>, растворили в азотной кислоте. Полученный раствор нагрели для окисления Fe<sup>2+</sup> до Fe<sup>3+</sup>, а затем с помощью раствора аммиака получили осадок Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·xH<sub>2</sub>O. В результате прокаливания этого осадка был получен Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> массой 0,3128 г. Рассчитайте массу FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O в расчёте на среднюю массу одной таблетки, если масса 20 анализируемых таблеток равна 20,9820 г.

52. Сколько граммов диэтилоксалата (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> с учётом 10%-ного его избытка необходимо взять для гомогенного осаждения кальция в виде оксалата из 0,300 г пробы, содержащей 10% CaO?

53. Какой объём раствора с концентрацией дигидрата хлорида бария 20 г/л с учетом 50%-ного его избытка необходимо взять для осаждения сульфат-ионов из 0,50 г пробы с массовой долей сульфата магния 40%.

54. Какой объём 0,10 М AgNO<sub>3</sub> потребуется для осаждения хлорид-ионов из навески хлорида натрия массой 0,12 г, если осадитель берётся с 1,5-кратным избытком?

55. Определение концентрации нитрата серебра в растворе проводили гравиметрически. К пробе раствора объёмом 40,0 мл прибавили 100 мл воды. Полученный раствор нагрели и затем медленно при постоянном перемешивании прибавляли к нему раствор HCl (70 г/л) до полного осаждения серебра. Полученный осадок отделили от раствора, промыли и высушили до постоянной массы при 110 °С. Рассчитайте молярную концентрацию AgNO<sub>3</sub> в исходном растворе, если масса высушенного осадка AgCl оказалась равной 0,5752 г.

56. Рассчитайте объём раствора с массовой долей 8-гидроксихинолина 4% (ρ ≈ 1 г/мл), с учётом 20% его избытка, необходимый для осаждения катионов магния в виде Mg(C<sub>9</sub>H<sub>6</sub>ON)<sub>2</sub> из раствора, содержащего 250 мг сульфата магния.

57. Вычислите массовую долю гигроскопической влаги в образце хлорида натрия, если известно, что: масса пустого тигля - 5,1234 г, масса с навеской соли до высушивания - 5,4826, масса тигля с навеской соли после высушивания - 5,4754 г.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТИТРИМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА

58. Что такое титрование, титрант? Чем отличаются понятия «точка эквивалентности» и «конечная точка титрования»? Какие способы обнаружения конечной точки титрования Вам известны?

59. Какие растворы в титриметрических методах анализа называют стандартными? Приведите примеры первичных и вторичных стандартных растворов.

60. Приведите примеры первичных и вторичных стандартных веществ, используемых в титриметрии. Какими свойствами должно обладать химическое соединение для того, чтобы его можно было использовать в качестве первичного стандартного вещества?

61. Приведите примеры титриметрических определений, в которых используется прямое, обратное, косвенное титрование и титрование заместителя. Какие требования предъявляются к химической реакции, используемой в прямом титровании?

62. Опишите основные этапы титрования методом отдельных навесок и методом пипетирования.

63. Что такое эквивалент? Почему вопрос типа «чему равен эквивалент карбоната натрия?» является некорректным? Что такое фактор эквивалентности и эквивалентное число?

64. Почему мерную посуду градуируют с таким расчётом, чтобы её вместимость была бы равна номинальной не при температуре опыта, а только при определённой (стандартной) температуре? В чём заключается сущность процедуры проверки вместимости мерной посуды? Почему пипетки и бюретки перед проверкой необходимо смочить чистой водой?

65. Дайте определения терминов «индикатор», «кислотно-основный индикатор», «внутренний индикатор», «одноцветный индикатор», «интервал перехода окраски индикатора», «показатель титрования (рТ)». Приведите вывод формулы, связывающей теоретическую величину интервала перехода окраски кислотно-основного индикатора и его  $pK_a$ .

66. Приведите уравнения процессов, происходящих с метиловым оранжевым ( $pK_a = 3,36$ ) при изменении рН. Объясните причину изменения окраски индикатора. Почему нижняя граница перехода окраски данного индикатора меньше, чем  $pK_a$  всего лишь на 0,25, в то время как верхняя больше на 1,24?

67. Какой объём раствора с массовой долей КОН 43% (пл. 1,43 г/мл) необходимо взять для получения 2,0 л  $5,0 \cdot 10^{-2}$  М КОН?

68. Какой объём раствора с массовой долей  $H_2SO_4$  50,5% (пл. 1,4 г/мл) необходимо взять для получения 0,50 л 0,10 М  $H_2SO_4$ ?

69. Какой объём раствора гидроксида натрия с массовой долей растворённого вещества 36% и плотностью 1,39 г/мл необходимо взять для получения 500 мл 0,50 М NaOH.

70. Имеется раствор КОН с титром 0,1868 г/мл и плотностью 1,15 г/мл. Рассчитайте массовую долю и молярную концентрацию гидроксида калия в данном растворе.

71. Какой объём раствора с массовой долей HCl 36,5% (пл. 1,18 г/мл) необходимо взять для получения 250 мл 0,50 М HCl?

72. Навеску гидрофталата калия ( $M = 204,22$  г/моль) массой 2,450 г растворили в 75 мл воды. Для титрования полученного раствора было израсходовано 24,20 мл раствора гидроксида натрия. Рассчитайте молярную концентрацию NaOH в стандартизируемом растворе.



73. К 50,0 мл 0,1 М  $1/2\text{H}_2\text{SO}_4$  было добавлено 2,3 мл раствора с массовой долей серной кислоты 27,1% (пл. 1,195 г/мл). Образовавшийся раствор был количественно перенесён в мерную колбу вместимостью 250 мл и доведён водой до метки. Рассчитайте молярную концентрацию  $1/2\text{H}_2\text{SO}_4$  в полученном растворе.

74. Навеску дигидрата щавелевой кислоты ( $M = 126,07$  г/моль) массой 0,6532 г растворили в воде, получив 100,0 мл раствора. Рассчитайте молярную концентрацию  $1/2 \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  в этом растворе.

## КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ ТИТРОВАНИЕ

75. Постройте кривую титрования 0,01 М  $\text{HCl}$  0,01 М раствором  $\text{KOH}$ . Определите тип и величину систематической индикаторной погрешности при использовании в качестве индикатора метилового красного ( $pT = 5$ ).

76. Постройте кривую титрования 0,01 М  $\text{KOH}$  0,01 М раствором  $\text{HCl}$ . Определите тип и величину систематической индикаторной погрешности при использовании в качестве индикатора метилового оранжевого ( $pT = 4$ ).

77. Постройте кривую титрования 0,10 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ( $pK_a = 4,75$ ) 0,10 М раствором  $\text{NaOH}$ . Определите тип и величину систематической индикаторной погрешности при использовании в качестве индикатора фенолфталеина ( $pT = 9$ ).

78. Постройте кривую титрования 0,10 М  $\text{NH}_3$  ( $pK_{\text{BH}^+} = 9,25$ ) 0,10 М раствором  $\text{HCl}$ . Определите тип и величину систематической индикаторной погрешности при использовании в качестве индикатора метилового красного ( $pT = 5$ ).

79. Постройте кривую титрования 0,10 М  $\text{NaOH}$  0,10 М раствором  $\text{HCl}$ . Определите тип и величину систематической индикаторной погрешности при использовании в качестве индикатора метилового оранжевого ( $pT = 4$ ).

80. Постройте кривую титрования  $1,0 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{NaOH}$   $1,0 \cdot 10^{-2}$  М раствором  $\text{HCl}$ . Определите вид и величину систематической индикаторной погрешности при обнаружении конечной точки титрования с помощью метилового красного ( $pT = 5$ ).

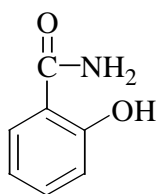
81. Постройте кривую титрования 0,10 М этаноламина ( $pK_{\text{BH}^+} = 9,25$ ) 0,10 М раствором  $\text{HCl}$ . Определите тип и величину систематической индикаторной погрешности при использовании в качестве индикатора тропеолина 000 ( $pT = 8$ ).

82. Постройте кривую титрования 0,10 М глюконовой кислоты ( $pK_a = 3,86$ ) 0,10 М раствором  $\text{NaOH}$ . Определите тип и величину систематической индикаторной погрешности при использовании в качестве индикатора бромкрезолового пурпурного ( $pT = 6$ ).

83. Постройте кривую титрования 0,10 М фенолята натрия ( $pK_a$  фенола = 9,89) 0,10 М раствором HCl. Определите тип и величину систематической индикаторной погрешности при использовании в качестве индикатора конго красного ( $pT = 4$ ).

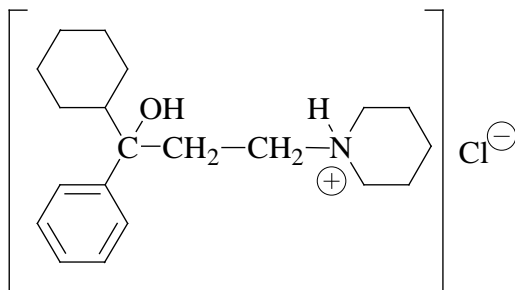
84. Приведите уравнения процессов, происходящих с фенолфталеином при изменении pH. Объясните причину изменения окраски индикатора. Почему интервал перехода окраски фенолфталеина зависит от его концентрации в растворе?

85. Для определения концентрации HCl в растворе навеску декагидрата тетрабората натрия массой 0,9535 г растворили в воде, получив 100,0 мл раствора. На титрование 20,00 мл этого раствора было израсходовано 22,50 мл раствора HCl. Рассчитайте молярную концентрацию HCl в растворе и титр этого раствора по карбонату калия (индикатор метиловый оранжевый).



86. Навеску лекарственного вещества салициламида ( $M = 137,14$  г/моль) массой 0,2177 г гидролизovali. Выделившийся аммиак поглотили 40,00 мл 0,09946 М HCl. Для титрования избытка кислоты потребовалось 24,10 мл раствора гидроксида натрия, имеющего титр по HCl  $3,646 \cdot 10^{-3}$  г/мл. Рассчитайте массовую долю салициламида в образце.

87. Лекарственное вещество циклодол ( $M = 337,94$  г/моль) используется для лечения паркинсонизма. Навеску порошка растёртых таблеток циклодола массой 0,5152 г обработали безводным этанолом. Нерастворившиеся наполнители отфильтровали, а сухой остаток растворили в смеси 20 мл безводной уксусной кислоты и 5 мл раствора ацетата ртути (II) в  $CH_3COOH$ . Полученный раствор титровали из полумикробюретки  $2,00 \cdot 10^{-2}$  М  $HClO_4$ . Параллельно проводили контрольный опыт. Рассчитайте массу циклодола в 1 таблетке (мг), если известно, что на титрование раствора было затрачено 1,65 мл, а в контрольном опыте - 0,15 мл стандартного раствора  $HClO_4$ ; масса 20 таблеток данной серии равна 2,080 г.



88. Определите молярную концентрацию NaOH в растворе и его титр, если известно, что 20,0 мл данного раствора могут провзаимодействовать с 0,1321 г янтарной кислоты ( $M = 118,09$  г/моль).

89. Навеску образца технического гидроксида натрия массой 0,6502 г растворили в мерной колбе вместимостью 100,0 мл. На титрование 25,00 мл раствора с фенолфталеином было израсходовано 18,40 мл 0,2000 М

HCl, а на титрование такой же аликвоты с метиловым оранжевым - 18,80 мл той же кислоты. Рассчитайте массовые доли гидроксида натрия и карбоната натрия в образце.

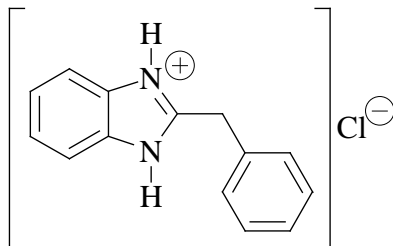
90. Рассчитайте массовую долю карбоната и гидрокарбоната натрия в образце, если для титрования навески массой 0,1237 г в присутствии фенолфталеина потребовалось 0,45 мл, а в присутствии метилового оранжевого – 15,05 мл 0,1000 М HCl.

91. Смесь хлоридов натрия, калия и аммония массой 0,2152 г растворили в 25,00 мл 0,1236 М NaOH. Для титрования непрореагировавшей щёлочи после кипячения полученного раствора, с целью удаления  $\text{NH}_3$ , и охлаждения потребовалось 10,50 мл раствора HCl, имеющего титр по NaOH  $4,100 \cdot 10^{-3}$  г/мл. Рассчитайте массовую долю  $\text{NH}_4\text{Cl}$  в анализируемой смеси.

92. Пробу массой 0,0790 г образца ацетата калия ( $M = 98,15$  г/моль) растворили в 10 мл  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и оттитровали 0,1015 М  $\text{HClO}_4$ . Рассчитайте массовую долю  $\text{CH}_3\text{COOK}$  в анализируемом образце, если для титрования израсходовано 8,10 мл, а в контрольном опыте 0,20 мл раствора хлорной кислоты.

93. Для титрования 20,00 мл раствора, содержащего HCl и  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , с метиловым оранжевым потребовалось 12,50 мл 0,4925 М NaOH. Затем к оттитрованному раствору прибавили необходимое количество глицерина, предварительно нейтрализованного по фенолфталеину. Для титрования полученного водно-глицеринового раствора с фенолфталеином потребовалось ещё столько же 0,4925 М NaOH. Рассчитайте массовые концентрации HCl и  $\text{H}_3\text{BO}_3$  в анализируемом растворе.

94. Лекарственное вещество дибазол ( $M = 244,73$  г/моль) обладает спазмолитическим действием. Серию таблеток дибазола подвергли анализу. 20 таблеток измельчили. Навеску полученного порошка массой 1,0320 г обработали хлороформом для извлечения дибазола. Хлороформный раствор упарили до 1 мл, добавили 10 мл  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и 5 мл раствора ацетата ртути (II) в  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . На титрование полученного раствора было затрачено 3,15 мл 0,1000 М  $\text{HClO}_4$ . Рассчитайте массу дибазола в 1 таблетке, если известно, что масса 20 анализируемых таблеток была равна 5,2100 г.



95. Определите титр раствора HCl по KOH, если известно, что 25,00 мл его могут провзаимодействовать с 0,4290 г декагидрата тетрабората натрия.

96. На титрование с фенолфталеином 0,4478 г смеси карбоната натрия, гидрокарбоната натрия и хлорида натрия потребовалось 18,80 мл 0,1998 М НСl. При титровании с метиловым оранжевым для аналогичной навески потребовалось 40,00 мл такого же раствора титранта. Вычислите массовые доли  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{NaHCO}_3$  в образце.

97. Навеску порошка растёртых таблеток антибактериального средства фталазола ( $M = 403,4$  г/моль) массой 0,5124 г растворили в 20 мл диметилформамида. Для титрования полученного раствора было затрачено 12,75 мл 0,1000 М раствора NaOH в смеси метилового спирта и бензола. Рассчитайте массу лекарственного вещества в 1 таблетке, если масса 20 таблеток данной серии равна 19,904 г. Фталазол в условиях титрования ведёт себя как двухосновная кислота.

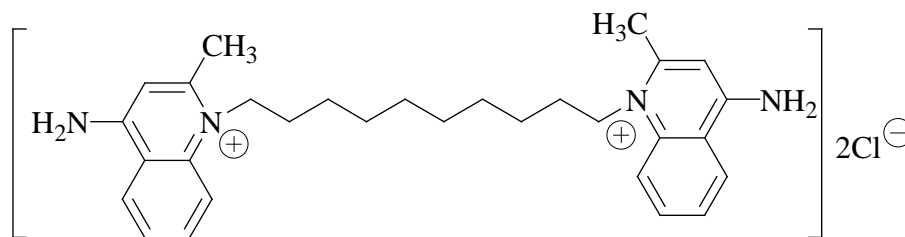
98. Навеску карбоната натрия массой 0,1440 г, полученного путём прокаливания гидрокарбоната натрия при температуре  $300^\circ\text{C}$  до постоянной массы, растворили в 100 мл воды. Для титрования полученного раствора в присутствии индикатора метилового оранжевого было израсходовано 24,45 мл раствора серной кислоты. Чему равна молярная концентрация  $1/2 \text{H}_2\text{SO}_4$  в стандартизируемом растворе?

99. К навеске хлорида аммония массой 0,2344 г добавили 25,00 мл 0,09432 М NaOH. Полученный раствор нагревали до полного удаления аммиака, охладили и избыток щелочи оттитровали 11,10 мл 0,1050 М НСl. Вычислите массовую долю хлорида аммония в образце.

100. Димедрол  $[(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{CHOSCH}_2\text{CH}_2\text{NH}(\text{CH}_3)_2]^+\text{Cl}^-$  ( $M = 291,82$  г/моль) обладает антигистаминным действием и используется для лечения аллергических заболеваний. Пробу объёмом 5,00 мл инъекционного раствора димедрола выпарили досуха. К сухому остатку добавили 10 мл  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и 3 мл раствора ацетата ртути (II) в  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Определите концентрацию димедрола в инъекционном растворе (г/мл), если известно, что для титрования полученного раствора было затрачено 8,52 мл  $2,00 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{HClO}_4$ .

101. При определении концентрации  $\text{NaHCO}_3$  в растворе 5,00 мл последнего поместили в мерную колбу вместимостью 50,0 мл и добавили воду до метки. Затем 5,00 мл полученного раствора титровали из полумикробюретки 0,1000 М НСl. Рассчитайте массу  $\text{NaHCO}_3$  в 100 мл анализируемого раствора, если известно, что для титрования потребовалось 3,10 мл раствора кислоты.

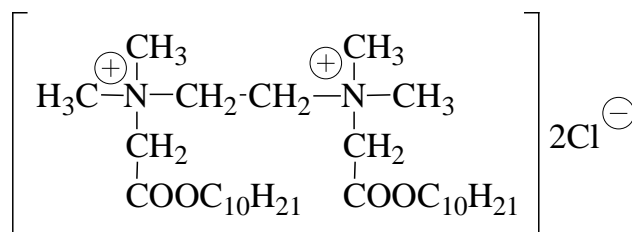
102. Лекарственное вещество декамин ( $M = 527,6$  г/моль) обладает антимикробным и противогрибковым действием. Навеску образца декамина массой 0,2220 г растворили в смеси уксусной кислоты, уксусного ангидрида и раствора  $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  в уксусной кислоте. Для титрования полученного раствора потребовалось 8,20 мл  $9,92 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{HClO}_4$ . Параллельно проводили контрольный опыт. Рассчитайте массовую долю декамина в образце, если известно, что в контрольном опыте для титрования было израсходовано 0,20 мл стандартного раствора титранта.



103. Определите молярную концентрацию КОН в растворе, если известно, что 25,00 мл этого раствора реагируют с 0,1020 г дигидрата щавелевой кислоты ( $M = 126,07$  г/моль). Рассчитайте титр данного раствора щёлочи по хлориду аммония.

104. Навеску образца оксида цинка массой 0,1548 г растворили в 50,00 мл  $9,998 \cdot 10^{-2}$  М НСІ. Для титрования избытка кислоты потребовалось 18,40 мл раствора гидроксида натрия, титр которого равен  $4,000 \cdot 10^{-3}$  г/мл. Рассчитайте массовую долю оксида цинка в образце.

105. Лекарственное вещество этоний ( $M = 585,7$  г/моль) обладает антимикробным действием. Навеску образца этония массой 0,1525 г растворили в смеси 10 мл уксусной кислоты и 5 мл раствора  $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  в уксусной кислоте. Для титрования полученного раствора потребовалось 5,60 мл  $9,783 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{HClO}_4$ . Параллельно проводили контрольный опыт. Рассчитайте массовую долю этония в образце, если известно, что в контрольном опыте было израсходовано 0,30 мл стандартного раствора  $\text{HClO}_4$ .



106. Имеется раствор NaOH с титром  $4,032 \cdot 10^{-3}$  г/мл. Рассчитайте молярную концентрацию NaOH в данном растворе и титр этого раствора по борной кислоте при титровании в присутствии глицерина.

107. Рассчитайте молярную концентрацию  $\text{HClO}_4$  в растворе данного вещества в ледяной уксусной кислоте, если для титрования навески гидрофталата калия ( $M = 204,22$  г/моль) массой 0,1595 г было израсходовано 8,10 мл этого раствора.

108. Навеску соли аммония массой 0,0800 г обработали избытком концентрированного раствора гидроксида натрия. Выделившийся аммиак поглотили 25,00 мл 0,1072 М НСІ. Для титрования избытка кислоты потребовалось 12,70 мл раствора NaOH, имеющего титр  $4,120 \cdot 10^{-3}$  г/мл. Вычислите массовую долю аммиака в образце.

109. Навеску растёртых таблеток массой 0,1480 г, содержащих фенобарбитал ( $M = 232,24$  г/моль) - лекарственное вещество снотворного и противосудорожного действия, растворили в 10 мл диметилформамида. Для титрования полученного раствора потребовалось 3,45 мл 0,1015 М

раствора NaOH в смеси метанола и бензола. Чему равна масса фенобарбитала в расчёте на среднюю массу одной таблетки, если 20 анализируемых таблеток имеют массу 4,040 г. Фенобарбитал в условиях титрования ведёт себя как одноосновная кислота.

110. Какой объём раствора с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  75% и плотностью 1,67 г/мл необходимо взять для приготовления 2,0 л 0,2 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ?

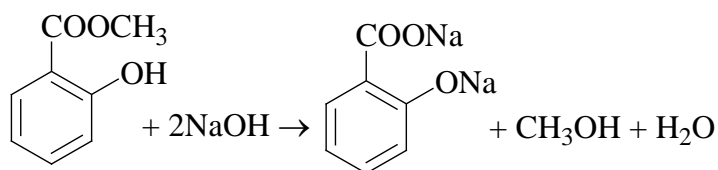
111. Для титрования навески бензойной кислоты ( $M = 122,12$  г/моль) массой 0,2520 г было израсходовано 21,10 мл раствора KOH. Рассчитайте молярную концентрацию KOH в стандартизируемом растворе и титр этого раствора по нитрату аммония?

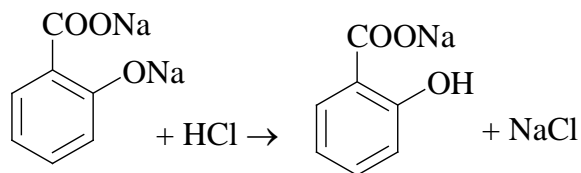
112. Навеску массой 0,8080 г смеси хлорида натрия и хлорида аммония растворили в 40 мл воды, прибавили 40 мл формалина, предварительно нейтрализованного по фенолфталеину, и оттитровали выделившуюся кислоту 0,4920 М NaOH. Рассчитайте массовую долю хлорида аммония в смеси, если для титрования было израсходовано 18,70 мл раствора щёлочи.

113. Лекарственное вещество карбидопа ( $M = 226,2$  г/моль) используется для лечения болезни Паркинсона. Навеску образца карбидопы массой 0,3035 г растворили в 25,00 мл 0,1020 М  $\text{HClO}_4$  в  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Для титрования избытка хлорной кислоты потребовалось 12,90 мл 0,1040 М  $\text{CH}_3\text{COONa}$  в  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Рассчитайте массовую долю карбидопы в анализируемом образце, если она взаимодействует с хлорной кислотой в молярном отношении 1:1.

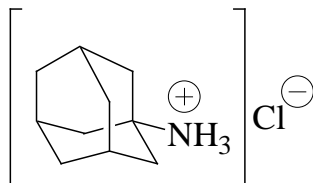
114. Рассчитайте поправочный коэффициент для раствора HCl, который хотели приготовить с концентрацией растворённого вещества 0,1000 моль/л, а в процессе стандартизации оказалось, что для титрования навески карбоната натрия массой 0,1340 г в присутствии индикатора метилового оранжевого затрачивается 24,90 мл этого раствора.

115. Навеску образца лекарственного вещества метилсалицилата ( $M = 152,15$  г/моль) массой 0,2132 г поместили в коническую колбу вместимостью 100 мл, прибавили 25,00 мл 0,1000 М NaOH и взбалтывали до полного растворения лекарственного вещества. Колбу соединили с обратным холодильником и нагревали на кипящей водяной бане 15 минут. После охлаждения избыток гидроксида натрия оттитровали в присутствии индикатора фенолфталеина 11,00 мл 0,1000 М HCl. Рассчитайте массовую долю метилсалицилата в образце.





116. Лекарственное вещество мидантан ( $M = 187,70$  г/моль) используется для лечения паркинсонизма. Навеску образца мидантана массой 0,1478 г растворили в 1 мл муравьиной кислоты, к раствору прибавили 20 мл уксусного ангидрида. Для титрования полученного раствора было израсходовано 7,90 мл 0,1020 М  $\text{HClO}_4$  (в контрольном опыте - 0,30 мл). Рассчитайте массовую долю мидантана в образце.



117. Какой объём раствора с массовой долей  $\text{HClO}_4$  57% (пл. 1,50 г/мл) необходимо взять для приготовления 1 л 0,1 М раствора  $\text{HClO}_4$  в ледяной уксусной кислоте?

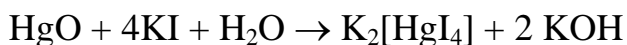
118. Имеется раствор  $\text{NaOH}$  с титром по  $\text{HNO}_3$   $1,260 \cdot 10^{-2}$  г/мл. Рассчитайте молярную концентрацию  $\text{NaOH}$  в данном растворе и его титр.

119. Имеется раствор  $\text{NaOH}$  с массовой долей растворённого вещества 36,0% и плотностью 1,39 г/мл. Рассчитайте массовую (г/л), молярную концентрацию  $\text{NaOH}$  в растворе, а также титр данного раствора (г/мл).

120. Рассчитайте молярную концентрацию  $\text{NaOH}$  в растворе, если известно, что 20,00 мл этого раствора взаимодействуют с 0,2450 г бензойной кислоты. Чему равен титр данного раствора по  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ?

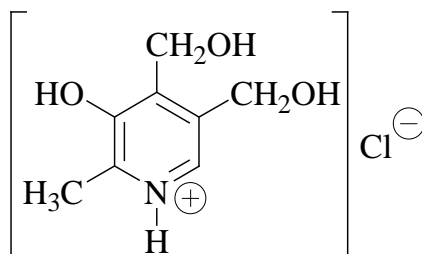
121. Для титрования 20,00 мл раствора с молярной концентрацией  $\text{NaOH}$  0,1035 моль/л израсходовано 19,50 мл раствора  $\text{HCl}$ . Рассчитайте молярную концентрацию  $\text{HCl}$  в данном растворе и его титр по  $\text{NaOH}$ .

122. Навеску образца глазной мази массой 1,9990 г, содержащей  $\text{HgO}$ , поместили в делительную воронку и растворили мазевую основу в 10 мл диэтилового эфира. К образовавшейся смеси добавили раствор иодида калия, а затем 10,00 мл 0,1000 М  $\text{HCl}$ . После полного разделения фаз водный слой отделили и поместили в колбу для титрования, эфирный слой промыли 3 раза водой порциями по 5 мл и поместили промывные воды в ту же колбу. Для титрования полученного объединённого водного извлечения было израсходовано 6,80 мл  $9,897 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{NaOH}$ . Рассчитайте массовую долю  $\text{HgO}$  в образце мази. Реакция между  $\text{HgO}$  и  $\text{KI}$  описывается уравнением



123. Пробу инъекционного раствора пиридоксина гидрохлорида ( $M = 205,64$  г/моль) объёмом 2,00 мл нагрели с 40 мл уксусного ангидрида. После охлаждения к полученному раствору добавили 10 мл безводной

$\text{CH}_3\text{COOH}$ , 5 мл раствора  $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  в  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и провели титрование его 0,1036 М  $\text{HClO}_4$ . Рассчитайте массу пиридоксина гидрохлорида в 1 мл испытуемого раствора, если для титрования пробы было израсходовано 2,44 мл, а в контрольном опыте - 0,10 мл раствора хлорной кислоты.



## КОМПЛЕКСОМЕТРИЧЕСКОЕ ТИТРОВАНИЕ

124. Что такое комплексоны? Напишите формулу этилендиаминтетрауксусной кислоты и продукта ее взаимодействия с катионом металла. Объясните характер влияния pH на устойчивость образующегося комплекса.

125. Объясните критерии выбора оптимального значения pH для комплексометрического определения ионов различных металлов. Почему определение одних катионов (например  $\text{Bi}^{3+}$ ) проводят в кислой среде, а других (например  $\text{Ca}^{2+}$  или  $\text{Mg}^{2+}$ ) - в щелочной. Почему для создания pH в щелочной области используют именно аммиачный буфер?

126. В каких случаях в комплексометрии используют косвенное титрование и титрование заместителя. Как это делается?

127. Каким образом можно проводить комплексометрическое определение веществ, например различных органических соединений, непосредственно не взаимодействующих с ЭДТА?

128. Что такое комплексометрия? Какие требования предъявляются к реакциям, используемым в данной группе титриметрических методов анализа? Известно, что многие катионы металлов образуют достаточно устойчивые аммиачные комплексы. Почему  $\text{NH}_3$  не используется в качестве титранта в комплексометрическом титровании?

129. Исходя из каких соображений проводят выбор металлоиндикатора для обнаружения конечной точки комплексометрического титрования? Какие металлоиндикаторы называют металлохромными? Приведите примеры таких индикаторов, напишите их химические формулы и выделите в них функциональные группы, участвующие в хелатообразовании.

130. Какое вещество используется в качестве титранта в меркуриметрическом титровании? Напишите уравнения реакций, которые



могут быть положены в основу меркуриметрических определений. Как можно обнаружить конечную точку такого титрования?

131. В каких случаях проводят обратное комплексометрическое титрование? Как это делается? Почему при определении иона  $\text{Al}^{3+}$  избыток ЭДТА можно титровать стандартным раствором соли  $\text{Zn}^{2+}$  или даже  $\text{Pb}^{2+}$ , несмотря на то, что устойчивость комплекса  $\text{AlY}^-$  меньше ( $\lg\beta = 16,13$ ), чем  $\text{ZnY}^{2-}$  ( $\lg\beta = 16,50$ ) и  $\text{PbY}^{2-}$  ( $\lg\beta = 18,04$ ).

132. Постройте кривую титрования  $2,5 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{Ca}^{2+}$   $2,5 \cdot 10^{-2}$  М раствором ЭДТА при рН 9,50. Логарифм константы образования комплекса  $\text{CaY}^{2-}$  равен 10,70, а молярная доля ионов  $\text{Y}^{4-}$  при таком значении рН – 0,15.

133. Меркуриметрическое определение иодидов имеет ряд особенностей. Существует несколько методик их определения. В одной из них обнаружение конечной точки титрования проводят с помощью дифенилкарбазида, в другой титрование ведут до появления оранжево-красной мути  $\text{HgI}_2$ , в третьей конечную точку титрования устанавливают по исчезновению синей окраски иодкрахмального комплекса. Объясните принцип обнаружения конечной точки титрования в перечисленных методиках.

134. Навеску массой 1,546 г образца мази, содержащей лекарственное вещество, в состав которого входят ионы висмута, растворили в двухфазной системе, состоящей из 20 мл разбавленной азотной кислоты и 20 мл хлороформа. К полученному раствору прибавили 100 мл воды, 10 капель 0,5% раствора ксиленолового оранжевого и оттитровали водный слой стандартным раствором ЭДТА до перехода его окраски из красной в желтую. Определите массовую долю  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ( $M = 465,96$  г/моль) в анализируемом образце, если для титрования было израсходовано 5,60 мл 0,0618 М ЭДТА.

135. Навеску массой 4,900 г мази, содержащей  $\text{HgO}$  ( $M = 216,59$  г/моль), обработали при нагревании раствором  $\text{HCl}$ . После охлаждения полученный раствор нейтрализовали с помощью  $\text{NaOH}$  и прибавили к нему 25,00 мл  $5,00 \cdot 10^{-2}$  М ЭДТА. Для титрования избытка ЭДТА потребовалось 15,80 мл раствора сульфата цинка, титр которого равен  $8,069 \cdot 10^{-3}$  г/мл. Рассчитайте массовую долю  $\text{HgO}$  в данной мази.

136. Навеску массой 0,3500 г образца смеси  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{Ca(OH)}_2$  растворили в 25,00 мл 0,1000 М  $\text{HCl}$ . Для титрования избытка кислоты потребовалось 12,80 мл 0,1000 М  $\text{NaOH}$ . К оттитрованному раствору добавили необходимое количество аммиачного буферного раствора и оттитровали ионы  $\text{Ca}^{2+}$  0,1080 М ЭДТА. Рассчитайте массовые доли  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{Ca(OH)}_2$  в анализируемом образце, если для титрования было израсходовано 29,80 мл стандартного раствора ЭДТА.

137. Пробу массой 3,2500 г образца цинка растворили в 40 мл разведенной серной кислоты и полученный раствор разбавили водой до 1,000 л. К 25,00 мл этого раствора прибавили 5 мл аммиачного буферного

раствора, 0,1 г индикаторной смеси эриохрома чёрного Т и 70 мл воды. Для титрования полученного раствора потребовалось 24,80 мл раствора натрия эдетата. Рассчитайте молярную концентрацию натрия эдетата в растворе.

138. Пробу массой 0,1993 г образца оксида свинца (II) растворили в 5 мл концентрированной азотной кислоты. К раствору добавили 50,00 мл  $5,000 \cdot 10^{-2}$  М натрия эдетата, 10 мл аммиачного буферного раствора и индикатор. Для титрования избытка натрия эдетата израсходовано 32,2 мл  $5,000 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{ZnSO}_4$ . Рассчитайте массовую долю  $\text{PbO}$  в образце.

139. Навеску массой 0,3522 г образца лекарственного препарата «мазь цинковая» обработали при нагревании раствором  $\text{HCl}$ . После охлаждения полученную смесь нейтрализовали раствором  $\text{NH}_3$ , прибавили к ней 10 мл хлороформа (для растворения вазелина), 5 мл аммиачного буферного раствора и оттитровали  $5,00 \cdot 10^{-2}$  М ЭДТА. Определите массовую долю  $\text{ZnO}$

( $M = 81,37$  г/моль) в образце, если для титрования потребовалось 8,55 мл стандартного раствора ЭДТА.

140. Навеску массой 0,8780 г образца бромиды триметилцетиламмония ( $M = 364,5$  г/моль) растворили в смеси этилового спирта с хлороформом (1:1). К полученному раствору прибавили 2 мл 1%  $\text{HNO}_3$  и 10 капель раствора дифенилкарбазида. Для титрования смеси было израсходовано 20,20 мл раствора  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ . Рассчитайте массовую долю бромиды триметилцетиламмония в образце, если для титрования навески хлорида натрия массой 0,1500 г было израсходовано 25,90 мл используемого стандартного раствора  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ .

141. Навеску массой 0,8048 г образца гидроксида алюминия ( $M = 78,00$  г/моль) растворили в 10 мл 1 М  $\text{HCl}$ , раствор разбавили водой до 100,0 мл. К 20,00 мл полученного при этом раствора прибавили 50,00 мл  $5,000 \cdot 10^{-2}$  М ЭДТА и нейтрализовали его по метиловому оранжевому. Смесь подвергли кипячению в течение 10 минут, затем охладили, прибавили необходимое количество ксиленолового оранжевого и 5 г гексаметилентетрамина. Для титрования избытка ЭДТА потребовалось 43,85 мл  $4,055 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{MgSO}_4$ . Рассчитайте массовую долю  $\text{Al}(\text{OH})_3$  в анализируемом образце.

142. Навеску массой 0,5000 г смеси  $\text{NaCl}$  и  $\text{HgCl}_2$  растворили в 50 мл воды. К полученному раствору прибавили 20,0 мл  $5,000 \cdot 10^{-2}$  М ЭДТА и необходимое количество аммиачного буферного раствора. Для титрования избытка ЭДТА в присутствии эриохрома чёрного Т потребовалось 10,50 мл  $4,890 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{ZnSO}_4$ . Рассчитайте массовую долю  $\text{HgCl}_2$  ( $M = 271,50$  г/моль) в анализируемой пробе.

143. К пробе воды объёмом 50,0 мл добавили избыток раствора комплексоната магния и оттитровали полученный раствор раствором ЭДТА, титр которого по цинку равен  $6,840 \cdot 10^{-4}$  г/мл при pH 10 в присутствии эриохрома чёрного Т. Определите общую жёсткость

анализируемого образца воды (ммоль ионов металлов, содержащихся в 1 л воды), если для титрования было израсходовано 23,20 мл стандартного раствора ЭДТА.

144. Навеску массой 0,2700 г образца 8-гидроксихинолина ( $M = 145,2$  г/моль) растворили при нагревании в 20 мл этилового спирта. К полученному раствору прибавили 20,00 мл 0,1000 М  $ZnSO_4$  и 10 мл буферного раствора (рН 10). Выпавший осадок гидроксихинолината цинка растворили в  $CHCl_3$ . К водной фазе прибавили 100 мл воды. Для титрования избытка ионов  $Zn^{2+}$  было израсходовано 10,20 мл раствора ЭДТА, титр которого по сульфату цинка равен  $1,700 \cdot 10^{-2}$  г/мл. Рассчитайте массовую долю 8-гидроксихинолина в образце. Ион  $Zn^{2+}$  реагирует с 8-гидроксихинолином в молярном соотношении 1:2.

145. Навеску металлического цинка массой 0,6134 г растворили в 20 мл раствора  $HCl$ . Полученный раствор разбавили водой до 200,0 мл. Для титрования 25,00 мл разбавленного таким образом раствора в присутствии аммиачного буферного раствора и эриохрома чёрного Т потребовалось 25,80 мл раствора ЭДТА. Рассчитайте молярную концентрацию ЭДТА в этом растворе, а также его титр по хлориду кальция ( $M = 110,98$  г/моль).

## ОСАДИТЕЛЬНОЕ ТИТРОВАНИЕ

146. Объясните принцип обнаружения конечной точки аргентометрического титрования с помощью хромата калия. Почему хромат калия не используют для обнаружения конечной точки аргентометрического титрования иодидов и тиоцианатов?

147. Объясните принцип обнаружения конечной точки аргентометрического титрования с помощью адсорбционных индикаторов.

148. Объясните принцип аргентометрического титрования по Фольгарду. В какой среде и почему проводится такое титрование?

149. Опишите методику приготовления, стандартизации и особенности хранения стандартного раствора нитрата серебра.

150. Как называется титриметрический метод анализа, в котором титрантом является  $Hg_2(NO_3)_2$ ? Для определения каких веществ он используется? Объясните особенности приготовления раствора  $Hg_2(NO_3)_2$ .

151. Объясните особенности определения хлоридов методом аргентометрического титрования по Фольгарду.

152. Почему аргентометрическое титрование нельзя проводить в сильнощелочной среде? Рассчитайте, при каком минимальном значении рН при аргентометрическом титровании  $NaCl$  в точке эквивалентности начнёт выпадать осадок  $Ag_2O$  ( $K_S = [Ag^+][OH^-] = 1,6 \cdot 10^{-8}$ ).

153. Опишите известные Вам способы обнаружения конечной точки меркурометрического титрования.

154. Чем вызваны различия в интервалах допустимых значений рН при обнаружении конечной точки аргентометрического титрования с помощью флуоресцеина и эозина? Почему эозин не может быть использован для обнаружения конечной точки аргентометрического титрования хлоридов?

155. Для титрования навески хлорида натрия массой 0,1201 г было израсходовано 20,55 мл приготовленного раствора  $\text{AgNO}_3$ . Рассчитайте молярную концентрацию  $\text{AgNO}_3$  в этом растворе, его титр по  $\text{KI}$ , а также массу навески  $\text{AgNO}_3$ , взятой для приготовления 250 мл данного раствора.

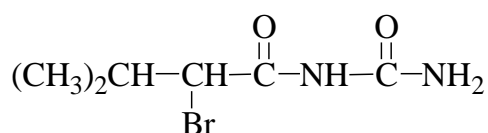
156. Навеску массой 0,3123 г порошка растёртых таблеток, содержащих иодид калия, растворили в 30 мл воды. К полученному раствору прибавили 1,5 мл 30%-ного раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , 5 капель 0,1%-ного раствора эозината натрия и оттитровали его 0,1000 М  $\text{AgNO}_3$ . Рассчитайте массу  $\text{KI}$  в расчёте на среднюю массу 1 таблетки, если для титрования было израсходовано 18,70 мл стандартного раствора  $\text{AgNO}_3$ . Масса 20 анализируемых таблеток составила 10,086 г.

157. Рассчитайте массу навески препарата  $\text{NaBr}$ , содержащего 95,55 % основного компонента, которую необходимо взять, чтобы для её титрования было израсходовано 20,00 мл раствора  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ , имеющего титр  $2,626 \cdot 10^{-2}$  г/мл. Поправка на индикатор составляет 0,50 мл.

158. Пробу массой 0,2010 г образца иодоформа ( $M = 393,73$  г/моль) растворили в 25 мл 95%  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . К раствору прибавили 25,0 мл 0,1 М  $\text{AgNO}_3$  и необходимое количество азотной кислоты. Полученную смесь нагревали в течение 30 минут с обратным холодильником. Затем к раствору прибавили 100 мл воды и оттитровали избыток  $\text{AgNO}_3$  0,1000 М  $\text{NH}_4\text{SCN}$ . Рассчитайте массовую долю  $\text{CHI}_3$  в анализируемом образце, если для титрования избытка первого титранта израсходовано 9,60 мл раствора  $\text{NH}_4\text{SCN}$ , а в контрольном опыте – 24,90 мл.

159. Пробу объёмом 10,0 мл раствора, содержащего  $\text{HCl}$  и  $\text{NaCl}$ , разбавили водой до 500,0 мл. Для титрования 25,00 мл полученного раствора было израсходовано 12,35 мл 0,1000 М  $\text{NaOH}$ . К другой такой же аликвотной части полученного раствора прибавили 25,00 мл 0,1000 М  $\text{AgNO}_3$ . Для титрования избытка  $\text{AgNO}_3$  потребовалось 7,30 мл 0,1000 М  $\text{NH}_4\text{SCN}$ . Рассчитайте массовые концентрации  $\text{HCl}$  и  $\text{NaCl}$  в исходном растворе.

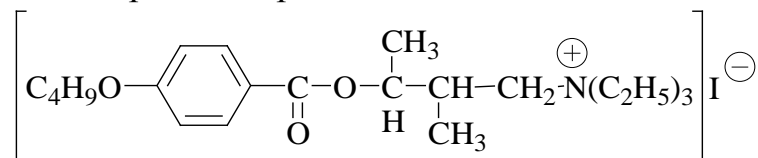
160. Навеску массой 0,2236 г образца бромизовала ( $M = 223,08$  г/моль) подвергли щелочному гидролизу. После завершения реакции к раствору прибавили необходимые объёмы воды и раствора  $\text{HNO}_3$ , 25,00 мл  $9,456 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{AgNO}_3$  и энергично перемешали. Для титрования избытка  $\text{AgNO}_3$  потребовалось 12,50 мл 0,1099 М  $\text{NH}_4\text{SCN}$ . Рассчитайте массовую долю бромизовала в анализируемом образце.



161. Пробу объёмом 10,00 мл водного раствора хлорида натрия поместили в мерную колбу вместимостью 100,0 мл и довели водой до метки. К 20,00 мл полученного раствора прибавили 1 мл 0,05 М  $\text{NH}_4\text{SCN}$ , 2 мл насыщенного раствора  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  и оттитровали его стандартным раствором  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ . Рассчитайте массовую концентрацию (г/л)  $\text{NaCl}$  в исходном растворе, если для титрования было израсходовано 20,30 мл  $9,855 \cdot 10^{-2}$  М  $1/2\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ , причём поправка на контрольный опыт составляет 1,25 мл.

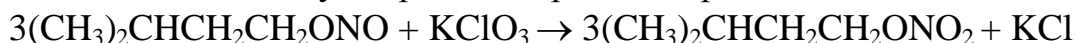
162. Какой объём раствора с концентрацией  $\text{NaCl}$  5,0 г/л потребуется для полного осаждения ионов  $\text{Ag}^+$  из 50 мл  $5,0 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{AgNO}_3$ , если осадитель берётся с 50%-ным избытком.

163. Навеску массой 0,4029 г образца лекарственного вещества кватерона ( $M = 491,5$  г/моль) растворили в 25 мл воды. К полученному раствору прибавили 10,00 мл 0,1088 М  $\text{AgNO}_3$ , необходимые количества азотной кислоты и железоаммонийных квасцов. Для титрования избытка нитрата серебра потребовалось 2,45 мл 0,1125 М  $\text{NH}_4\text{SCN}$ . Рассчитайте массовую долю кватерона в образце.



164. Навеску образца хлороформа ( $M = 119,38$  г) массой 0,0700 г поместили в круглодонную колбу, прибавили к ней 25 мл 0,5 М этанольного раствора  $\text{NaOH}$  и нагревали с обратным холодильником в течение часа. Спирт отогнали, остаток количественно перенесли в мерную колбу вместимостью 100,0 мл, подкислили азотной кислотой и прибавили к нему 25,00 мл 0,1000 М  $\text{AgNO}_3$ . Полученную смесь довели водой до метки и тщательно перемешали. Затем осадок отфильтровали. Для титрования 50,0 мл фильтрата было израсходовано 5,20 мл 0,09850 М  $\text{NH}_4\text{SCN}$ . Рассчитайте массовую долю хлороформа в образце.

165. Навеску массой 0,5300 г образца амилнитрита ( $M = 117,15$  г/моль) поместили в мерную колбу вместимостью 100,0 мл, прибавили к ней необходимые количества этанола, хлората калия, азотной кислоты и оставили на 10 минут. При этом протекала реакция



Затем к реакционной смеси прибавили 30,00 мл 0,1015 М  $\text{AgNO}_3$  и довели водой до 100,0 мл. Выпавший осадок отфильтровали. Для титрования 50,0 мл фильтрата было израсходовано 8,20 мл 0,1000 М  $\text{NH}_4\text{SCN}$ . Рассчитайте массовую долю амилнитрита в препарате.

166. Пробу объёмом 20,0 мл раствора, содержащего  $\text{HCl}$  и  $\text{NaCl}$ , разбавили водой до 250,0 мл. Для титрования 25,00 мл полученного раствора было израсходовано 18,50 мл 0,1000 М  $\text{NaOH}$ . Для титрования другой такой же аликвотной части полученного раствора потребовалось 24,30 мл раствора  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ , имеющего титр по хлориду натрия  $6,100 \cdot 10^{-3}$

г/мл. Рассчитайте массовые концентрации  $\text{HCl}$  и  $\text{NaCl}$  в исходном растворе.

167. Пробу раствора  $\text{NaCl}$  объемом 10,00 мл поместили в мерную колбу вместимостью 100,0 мл и довели водой до метки. Для титрования 25,00 мл полученного при этом раствора было израсходовано 22,30 мл 0,1000 М  $\text{AgNO}_3$ . Какой объем воды следует прибавить к 500 мл исходного раствора хлорида натрия, чтобы концентрация  $\text{NaCl}$  в нём стала равной 9,0 г/л.

168. Пробу объемом 20,00 мл раствора, содержащего гидрофосфат натрия ( $M = 141,96$  г/моль), поместили в мерную колбу вместимостью 100,0 мл и прибавили к ней 25,00 мл 0,1000 М  $\text{AgNO}_3$ . Полученную смесь нейтрализовали раствором  $\text{NaOH}$  по феноловому красному и довели водой до метки. После отстаивания выпавший осадок  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$  отфильтровали. К 50,00 мл фильтрата прибавили необходимые количества азотной кислоты и железоммонийных квасцов и оттитровали избыток  $\text{AgNO}_3$  0,1000 М  $\text{NH}_4\text{SCN}$ . Рассчитайте массовую концентрацию  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  в исходном растворе, если для титрования было израсходовано 8,90 мл стандартного раствора  $\text{NH}_4\text{SCN}$ .

## МЕТОДЫ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ТИТРОВАНИЯ

169. Каким образом можно обнаружить конечную точку окислительно-восстановительного титрования? Что такое окислительно-восстановительные индикаторы? Исходя из каких критериев производят выбор окислительно-восстановительного индикатора для обнаружения конечной точки окислительно-восстановительного титрования?

170. Какие процессы могут происходить с тиосульфатом натрия в растворе? Как их предотвратить? Объясните, почему титрование иода тиосульфатом натрия нельзя проводить в щелочной среде.

171. Опишите порядок приготовления стандартного раствора монохлорида иода. Что следует предпринять, если при встряхивании приготовленного раствора с хлороформом слой последнего окрасился в фиолетовый цвет?

172. Какой вариант броматометрического титрования называется бромометрическим? Что такое «бромид-броматная смесь»? Как обнаруживают конечную точку такого титрования и для определения каких веществ оно применяется?

173. Объясните принцип определения воды методом Карла Фишера. Что такое реактив Карла Фишера? Как его стандартизируют? Как обнаруживают конечную точку титрования при определении воды?

174. Опишите особенности приготовления, стандартизации с помощью оксалата натрия, хранения и использования стандартного раствора перманганата калия.

175. Опишите возможные способы обнаружения конечной точки титрования в иодометрии. Почему при прямом титровании иодом раствор крахмала прибавляют к титруемому раствору в начале титрования, в то время как при титровании иода тиосульфатом натрия - незадолго до достижения конечной точки титрования?

176. Будет ли одинаковым фактор эквивалентности для  $\text{KIO}_3$  при его использовании в качестве титранта для определения аскорбиновой кислоты в слабокислой среде и гидразина в концентрированном растворе  $\text{HCl}$ ? Почему для обнаружения конечной точки иодатометрического определения гидразина, которое проводится в сильноокислой среде, нельзя применять крахмал?

177. Почему цериметрическое титрование обычно проводят в присутствии  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , а не  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$  или  $\text{HCl}$ ? Как обнаруживают конечную точку такого титрования и для определения каких веществ оно используется?

178. Постройте кривую титрования  $0,05 \text{ M Fe}^{2+}$   $0,05 \text{ M}$  раствором  $\text{Ce}^{4+}$ , протекающего в  $1 \text{ M H}_2\text{SO}_4$  (величины формальных потенциалов для  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}$  равны, соответственно  $+0,68$  и  $+1,44 \text{ В}$ ). От чего зависит величина скачка титрования в окислительно-восстановительном титровании. В каких случаях вид кривой зависит и в каких не зависит от разбавления?

179. Навеску  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ( $M = 294,19 \text{ г/моль}$ ) массой  $0,6245 \text{ г}$  растворили в воде, получив  $100,0 \text{ мл}$  раствора. К  $20,00 \text{ мл}$  данного раствора прибавили  $2 \text{ г KI}$  и  $5 \text{ мл}$   $20\%$ -ного раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Для титрования выделившегося иода потребовалось  $25,05 \text{ мл}$  раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Рассчитайте молярную концентрацию  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  в стандартизируемом растворе, а также титр этого раствора по иоду. Чему равна молярная концентрация  $1/2\text{I}_2$  в растворе, для титрования  $20,00 \text{ мл}$  которого требуется  $21,90 \text{ мл}$  данного раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ?

180. Определение воды в образце дигидрата цитрата натрия проводили методом Карла Фишера. Для титрования пробы массой  $0,3050 \text{ г}$  потребовалось  $8,30 \text{ мл}$  реактива Карла Фишера, имеющего титр по воде  $4,050 \cdot 10^{-3} \text{ г/мл}$ . Какая масса воды содержится в  $1 \text{ г}$  анализируемого образца?

181. Пробу массой  $2,4550 \text{ г}$  образца хлорной извести растёрли с водой. Образовавшуюся однородную массу количественно перенесли в мерную колбу вместимостью  $250,0 \text{ мл}$  и довели водой до метки. К  $25,00 \text{ мл}$  раствора прибавили  $10 \text{ мл}$  раствора  $\text{KI}$  ( $100 \text{ г/л}$ ),  $10 \text{ мл}$   $8,3\%$ -ного раствора  $\text{HCl}$  и оттитровали выделившийся иод раствором  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Рассчитайте массовую долю активного хлора в образце, если для титрования израсходовано  $22,90 \text{ мл}$   $0,1000 \text{ M Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

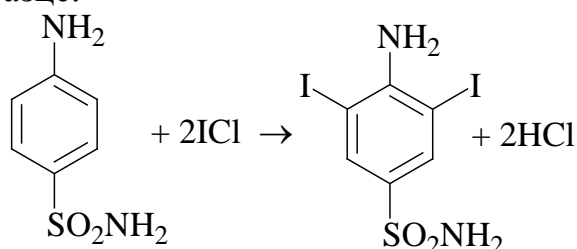
182. Пробу массой  $0,1128 \text{ г}$  образца персикового масла растворили в  $3 \text{ мл}$  диэтилового эфира. К полученному раствору прибавили  $20,00 \text{ мл}$  раствора монохлорида иода. Полученную смесь взбалтывали в течение  $1$  часа, а затем добавили к ней  $10 \text{ мл}$  раствора  $\text{KI}$  ( $100 \text{ г/л}$ ) и  $50 \text{ мл}$  воды. Для

титрования выделившегося иода потребовалось 12,3 мл 0,09875 М  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Определите иодное число данного образца персикового масла, если в контрольном опыте для титрования было израсходовано 21,3 мл такого же раствора тиосульфата натрия.

183. Пробу раствора бромата калия объемом 25,00 мл поместили в колбу с притёртой пробкой, добавили необходимые количества воды.  $\text{HCl}$  и  $\text{KI}$ . Через 5 минут выделившийся иод оттитровали 0,1033 М  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Рассчитайте молярную концентрацию  $\text{KBrO}_3$  в стандартизируемом растворе, если для титрования израсходовано 24,70 мл раствора тиосульфата натрия.

184. Пробу объемом 1,00 мл раствора с неизвестной концентрацией  $\text{H}_2\text{O}_2$  разбавили водой до 10,0 мл. К 1,00 мл полученного раствора прибавили 2 мл разведенной серной кислоты (массовая доля  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в растворе равна 16%) и провели титрование 0,02000 М  $\text{KMnO}_4$ . Рассчитайте массовую концентрацию  $\text{H}_2\text{O}_2$  в растворе (г/л), если для титрования использовано 14,70 мл титранта.

185. Навеску массой 0,5000 г образца стрептоцида ( $M = 172,21$  г/моль) растворили в 5 мл 2 М  $\text{HCl}$ . Раствор разбавили водой до 100,0 мл. К 5,00 мл полученного раствора добавили 50 мл горячей воды, 20,00 мл 0,1080 М  $1/2 \text{ ICl}$ . После перемешивания полученной смеси в течение 30 минут и охлаждения до комнатной температуры к ней добавили 10 мл 10% раствора  $\text{KI}$ . Для титрования выделившегося иода потребовалось 15,75 мл 0,1039 М  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Определите массовую долю стрептоцида в анализируемом образце.



186. Пробу водного раствора фенола ( $M = 94,11$  г/моль) объемом 20,00 мл разбавили водой до 100,0 мл. К 25,00 мл полученного раствора прибавили 15 мл 0,1 М бромид-броматной смеси и необходимое количество  $\text{HCl}$ . Через некоторое время к смеси добавили  $\text{KI}$ . Для титрования выделившегося иода было израсходовано 10,20 мл 0,09875 М  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Рассчитайте массу фенола, содержащегося в 100 мл анализируемого раствора, если в контрольном опыте для титрования иода было израсходовано 23,80 мл такого же стандартного раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

187. Навеску массой 0,5234 г образца пентагидрата сульфата меди ( $M = 249,68$  г/моль) растворили в 25 мл воды. К полученному раствору прибавили необходимые количества серной кислоты и иодида калия. Для титрования выделившегося иода потребовалось 20,95 мл стандартного раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Определите массовую долю  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  в анализируемом образце, если для титрования иода, полученного при



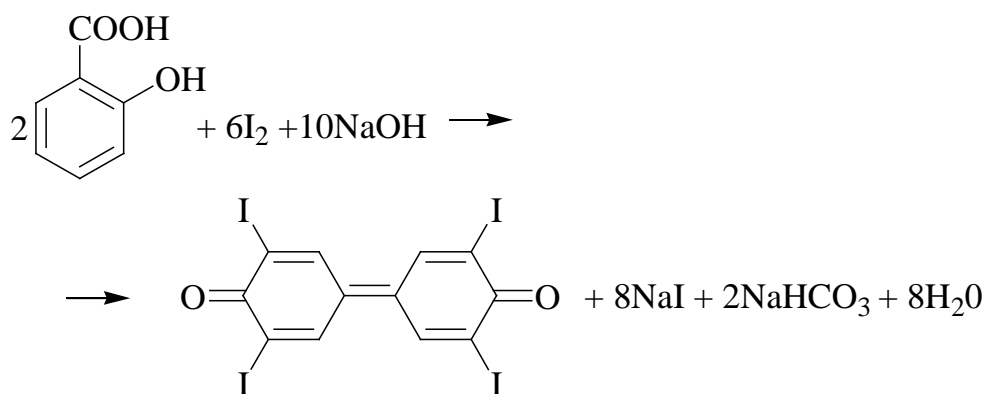
взаимодействии 0,1254 г  $K_2Cr_2O_7$  с избытком KI, потребовалось 25,80 мл используемого стандартного раствора  $Na_2S_2O_3$ .

188. Пробу объёмом 10,00 мл водного раствора  $H_2O_2$  разбавили водой до 100,0 мл. Для титрования 10,00 мл полученного раствора в присутствии  $H_2SO_4$  потребовалось 24,80 мл раствора перманганата калия, титр которого по дигидрату щавелевой кислоты равен  $6,350 \cdot 10^{-3}$  г/мл. Какой объём исследуемого раствора пероксида водорода следует разбавить водой до 100,0 мл, чтобы концентрация  $H_2O_2$  в нём стала равной 10,00 г/л?

189. К навеске массой 0,9972 г порошка растёртых таблеток пантоцида, используемых для обеззараживания воды, прибавили 40 мл воды и 5 мл раствора NaOH с концентрацией 100 г/л. Через некоторое время к полученному раствору добавили необходимые количества иодида калия и серной кислоты. Для титрования выделившегося иода потребовалось 7,10 мл 0,1000 М  $Na_2S_2O_3$ . Рассчитайте массу активного хлора, содержащегося в одной таблетке, если средняя масса одной таблетки данной серии равна 0,1210 г.

190. К пробе объёмом 5,00 мл инъекционного раствора аскорбиновой кислоты ( $M = 176,13$  г/моль) прибавили 0,25 мл 1% раствора формальдегида (для связывания сульфита натрия, присутствующего в данном растворе в качестве стабилизатора), 4 мл 2% раствора HCl, 0,5 мл 1% раствора KI и 2 мл раствора крахмала. Для титрования полученной смеси было израсходовано 27,90 мл раствора иодата калия, для приготовления 500,0 мл которого была использована навеска  $KIO_3$  ( $M = 214,0$  г/моль) массой 1,7900 г. Рассчитайте массу аскорбиновой кислоты, содержащейся в 1 мл анализируемого раствора.

191. Рассчитайте массовую долю салициловой кислоты ( $M = 138,12$  г/моль) в образце лекарственного средства, если известно, что при взаимодействии салициловой кислоты, выделенной из навески данного образца массой 3,5255 г, с иодом был получен осадок тетра-иодфенилендихинона ( $C_{12}H_4I_4O_2$ ), масса которого после высушивания составила 0,1415 г. Реакция между салициловой кислотой и иодом протекает согласно следующему уравнению:

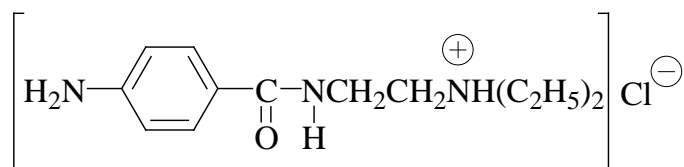


192. Навеску образца лекарственного вещества железа (II) фумарата массой 0,3532 г растворили при осторожном нагревании в растворе  $H_2SO_4$ .

Полученный раствор разбавили водой и оттитровали стандартным раствором  $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ , титр которого по Fe равен  $5,585 \cdot 10^{-3}$  г/мл. Рассчитайте массовую долю железа фумарата ( $M = 169,9$  г/моль) в анализируемом образце, если для титрования потребовалось 19,75 мл стандартного раствора  $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ .

193. Хлороформ, используемый в медицине, содержит в качестве стабилизатора 0,6 - 1,0% (по массе) этанола. Для определения содержания этанола в колбу с притёртой пробкой поместили 25,00 мл 0,1100 М  $1/6\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и необходимое количество кислоты. К охлаждённой смеси добавили 1,00 мл анализируемого образца хлороформа и оставили на 5 минут. Затем в колбу добавили 100 мл воды, 5 мл 10% раствора KI и через 5 минут оттитровали выделившийся иод 0,1000 М  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Рассчитайте массовую долю этанола в анализируемом образце, если для титрования потребовалось 15,00 мл раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Плотность анализируемого образца хлороформа равна 1,48 г/мл. Этанол окисляется дихроматом калия до уксусной кислоты.

194. Навеску массой 0,3025 г образца новокаинамида ( $M = 271,79$  г/моль) растворили в 10 мл воды. К полученному раствору прибавили 20 мл воды, необходимое количество KBr и оттитровали его стандартным раствором  $\text{NaNO}_2$ . Для титрования было израсходовано 11,00 мл раствора титранта. Рассчитайте массовую долю новокаинамида в анализируемом образце, если 25,00 мл используемого стандартного раствора  $\text{NaNO}_2$  могут прореагировать с 0,4330 г сульфаниловой кислоты ( $M = 173,19$  г/моль).



## РАЗДЕЛ 2. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

### 1. Статистическая обработка результатов анализа

При определении массы лекарственного вещества в таблетках фотометрическим методом получены следующие результаты параллельных определений (мг в расчёте на среднюю массу 1 таблетки) 39,9; 40,2; 39,6; 22,5; 40,4. Рассчитайте границы доверительного интервала (доверительная вероятность 95%) и относительное стандартное отклонение результата анализа.

Вначале необходимо определить, не содержатся ли среди результатов параллельных определений промахи. Значение 22,5 заметно отличается от других и может быть промахом. Рассчитаем для него величину Q-критерия:

$$Q_{\text{эксп}} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} = \frac{39,6 - 22,5}{40,4 - 22,5} = 0,96$$

Для  $n = 5$  и  $P = 0,90$   $Q_{\text{крит}} = 0,56$  (см. Приложение, табл. 6). Так как  $Q_{\text{эксп}} > Q_{\text{крит}}$ , то результат «22,5» является промахом и его необходимо исключить. При статистической обработке оставшихся результатов параллельных определений получаем

$$\text{выборочное среднее} - \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{39,9 + 40,2 + 39,6 + 40,4}{4} = 40,0$$

$$\text{дисперсия} - S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{(-0,1)^2 + 0,2^2 + (-0,4)^2 + 0,4^2}{3} = 0,12$$

$$\text{стандартное отклонение} - S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,12} = 0,35$$

$$\text{стандартное отклонение выборочного среднего} - S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{0,35}{2} = 0,175$$

$$\text{относительное стандартное отклонение} - S_r = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{0,35}{40,0} = 8,8 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{границы доверительного интервала} - \Delta \bar{x} = t S_{\bar{x}} = 3,18 \cdot 0,175 = 0,6$$

(значения  $t$  – см. Приложение, табл. 7)

Содержание лекарственного вещества в одной таблетке составляет  $(40,0 \pm 0,6)$  мг.

## 2. Сравнение выборок

При анализе образца таблеток титриметрическим методом было установлено, что средняя величина массы лекарственного вещества в расчёте на среднюю массу одной таблетки равна 0,212 г;  $S_r = 8,8 \cdot 10^{-3}$ . При анализе этого же образца таблеток УФ-спектрофотометрическим методом было найдено, что  $\bar{m} = 0,225$  г;  $S_r = 1,2 \cdot 10^{-2}$ , причём в обоих случаях было проведено по 5 параллельных определений. Имеются ли статистически достоверные различия в средних значениях массы лекарственного вещества, полученных двумя методами?

Для того чтобы сравнить средние значения результатов анализа, необходимо вначале сравнить воспроизводимость результатов титриметрического и спектрофотометрического определения лекарственного вещества в таблетках. Рассчитаем значения дисперсии для одной и второй выборки

$$S^2 = (\bar{x} \cdot S_r)^2$$

$$S_1^2 = (0,212 \cdot 8,8 \cdot 10^{-3})^2 = 3,5 \cdot 10^{-6} \quad S_2^2 = (0,225 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2})^2 = 7,3 \cdot 10^{-6}$$

Экспериментальное значение F-критерия равно:

$$F_{\text{эксп}} = \frac{S_2^2}{S_1^2} = \frac{7,3 \cdot 10^{-6}}{3,5 \cdot 10^{-6}} = 2,1$$

Критическое значение F-критерия для  $\alpha = 0,05$ ;  $f_1 = f_2 = 4$  равно 6,39 (см. Приложение, табл. 8). Поскольку экспериментальное значение F-критерия меньше критического, то статистически достоверные различия в воспроизводимости результатов, полученных двумя методами, отсутствуют.

Рассчитаем величину  $t_{\text{эксп}}$ . Так как  $n_1 = n_2$ , то

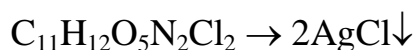
$$\begin{aligned} \bar{S}^2 &= \frac{S_1^2 + S_2^2}{2} = \frac{7,3 \cdot 10^{-6} + 3,5 \cdot 10^{-6}}{2} = 5,4 \cdot 10^{-6} \\ t_{\text{эксп}} &= \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\bar{S}^2}} \sqrt{\frac{n}{2}} = \frac{|0,212 - 0,225|}{\sqrt{5,4 \cdot 10^{-6}}} \sqrt{\frac{5}{2}} = 8,8 \end{aligned}$$

Критическое значение  $t$  для  $\alpha = 0,05$ ;  $f = 8$  равно 2,31 (см. Приложение, табл. 7). Поскольку экспериментальное значение  $t$ -критерия больше критического, то статистически достоверные различия в средних значениях массы лекарственного вещества, полученных двумя методами, имеются. Средний результат, полученный спектрофотометрическим методом, больше, полученного титриметрически.

### 3. Расчёты в гравиметрии

Навеску массой 0,9957 г образца мази, содержащей антибиотик левомецетин ( $C_{11}H_{12}O_5N_2Cl_2$ ;  $M = 323,13$  г/моль), прокалили в запаянной ампуле с металлическим натрием. После растворения прокалённой смеси в воде обуглившийся осадок отфильтровали, а хлорид-ионы, присутствующие в фильтрате, в соответствующих условиях осадили с помощью нитрата серебра, получив  $AgCl$  массой 0,0120 г. Рассчитайте массовую долю левомецетина в образце мази.

Для расчётов воспользуемся следующей схемой



Так как в состав молекулы левомецетина входит два атома хлора, количество вещества  $AgCl$  (гравиметрической формы) в 2 раза больше количества вещества левомецетина.

$$\omega = \frac{m(AgCl) \cdot M(L)}{2M(AgCl) \cdot g} \cdot 100\% = \frac{0,0120 \cdot 323,13}{2 \cdot 143,32 \cdot 0,9957} \cdot 100\% = 1,36\%$$

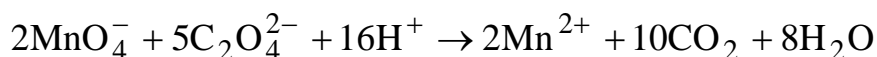
### 4. Приготовление и стандартизация растворов

Какой объём раствора с массовой долей  $KOH$  45% (пл. 1,45 г/мл) необходимо взять для получения 2,0 л 0,20 М  $KOH$ ?

$$\begin{aligned} V_{исх} &= \frac{m_p^{исх}}{\rho} = \frac{m \cdot 100\%}{\omega \cdot \rho} = \frac{n \cdot M \cdot 100\%}{\omega \cdot \rho} = \\ &= \frac{C \cdot V \cdot M \cdot 100\%}{\rho \cdot \omega} = \frac{0,20 \cdot 2,0 \cdot 56 \cdot 100\%}{1,45 \cdot 45} = 34 \text{ мл} \end{aligned}$$

Для титрования 20,00 мл раствора оксалата натрия, в 1,000 л которого содержится 3,380 г  $Na_2C_2O_4$ , было израсходовано 18,80 мл раствора  $KMnO_4$ . Рассчитайте молярную концентрацию  $1/5 KMnO_4$  в данном растворе и его титр по  $H_2O_2$ .

Стандартизация раствора перманганата калия с помощью оксалата натрия основана на реакции.

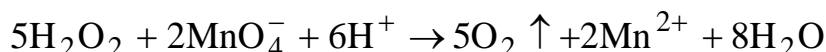


Перманганат ион принимает 5 электронов, а оксалат-ион отдаёт два электрона, поэтому  $f_{\text{экв}}(\text{KMnO}_4) = 1/5$ ,  $f_{\text{экв}}(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 1/2$ . В точке эквивалентности  $n(1/5 \text{ KMnO}_4) = n(1/2 \text{ Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ , или  $C_1V_1 = C_2V_2$ , где индекс 1 относится к  $1/5\text{KMnO}_4$ , а индекс 2 – к  $1/2\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ .

$$C_2 = \frac{m(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{M(1/2\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot V_{0,2}}, \text{ следовательно}$$

$$C_1 = \frac{m(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot V_2}{M(1/2\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot V_{0,2} \cdot V_1} = \frac{3,380 \cdot 20,00}{67,00 \cdot 1,000 \cdot 18,80} = 5,367 \cdot 10^{-2} \text{ М}$$

Перманганат калия и пероксид водорода реагируют друг с другом в кислой среде следующим образом.



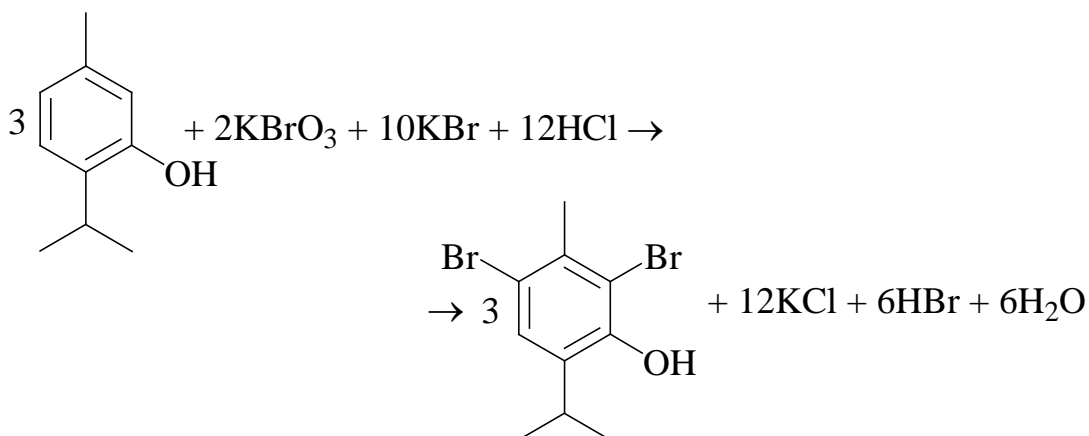
Молекула  $\text{H}_2\text{O}_2$  отдаёт 2 электрона, поэтому фактор эквивалентности пероксида водорода равен  $1/2$ .

$$\begin{aligned} T_{\text{KMnO}_4/\text{H}_2\text{O}_2} &= C_1 \cdot M(1/2\text{H}_2\text{O}_2) \cdot 10^{-3} = 5,367 \cdot 10^{-2} \cdot 17,01 \cdot 10^{-3} = \\ &= 9,129 \cdot 10^{-4} \text{ г / мл} \end{aligned}$$

## 5. Расчёты в титриметрии

Навеску массой 0,4985 г образца тимола ( $M = 150,22$  г/моль) растворили в воде в присутствии необходимого количества  $\text{NaOH}$ , получив 100,0 мл раствора. К 10,00 мл полученного раствора прибавили необходимое количество бромата калия и раствора  $\text{HCl}$ . Для титрования полученной смеси в присутствии метилового оранжевого потребовалось 13,15 мл 0,1005 М  $1/6 \text{ KBrO}_3$ . Рассчитайте массовую долю тимола в анализируемом образце.

Броматометрическое определение тимола основано на реакции



Титриметрическое определение тимола проводится методом прямого титрования способом пипетирования. Фактор эквивалентности тимола равен 1/4 (молекула данного вещества реагирует с двумя молекулами брома).

$$\omega = \frac{C \cdot V \cdot 10^{-3} \cdot M(1/4 \text{ тимола}) \cdot V_K \cdot 100\%}{V_{\Pi} \cdot g} =$$

$$= \frac{0,1005 \cdot 13,15 \cdot 10^{-3} \cdot 150,22 \cdot 100,0 \cdot 100\%}{10,00 \cdot 0,4985 \cdot 4} = 99,56\%$$

Навеску массой 5,000 г образца мази, содержащей HgO (M = 216,59 г/моль), обработали при нагревании раствором HCl. После охлаждения полученный раствор нейтрализовали с помощью NaOH и прибавили к нему 25,00 мл  $4,92 \cdot 10^{-2}$  М ЭДТА. Для титрования избытка ЭДТА потребовалось 14,80 мл  $5,10 \cdot 10^{-2}$  М ZnSO<sub>4</sub>. Рассчитайте массовую долю HgO в образце мази.

В условии задачи описано комплексонометрическое определение HgO методом обратного титрования. Ион ртути (как и ионы других металлов) реагирует с ЭДТА в молярном соотношении 1:1.

$$\omega(\text{HgO}) = \frac{(C_1 V_1 - C_2 V_2) \cdot 10^{-3} \cdot M(\text{HgO}) \cdot 100\%}{g} =$$

$$= \frac{(25,00 \cdot 4,92 \cdot 10^{-2} - 14,80 \cdot 5,10 \cdot 10^{-2}) \cdot 10^{-3} \cdot 216,59 \cdot 100\%}{5,000} = 2,06\%$$

## 6. Построение кривой титрования и расчёт систематической индикаторной погрешности

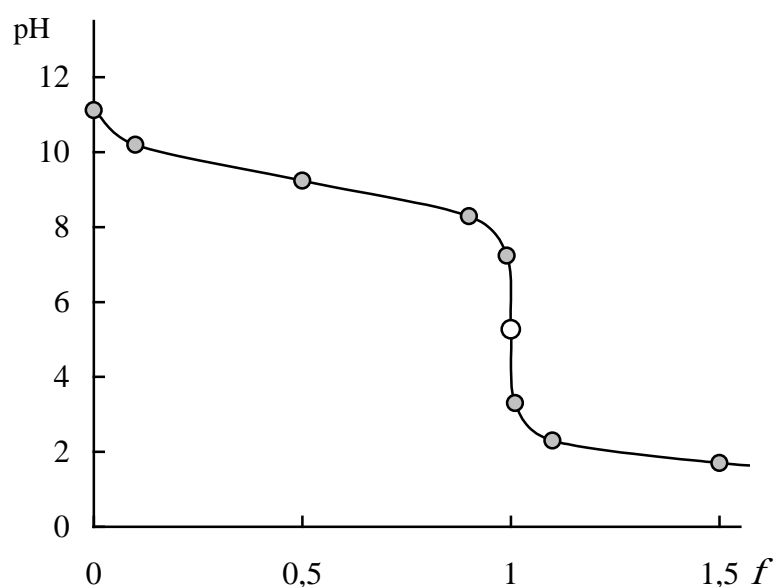
Постройте кривую титрования 0,10 М NH<sub>3</sub> ( $pK_{\text{BH}^+} = 9,24$ ) 0,10 М раствором HCl. Определите тип и величину систематической индикаторной погрешности при использовании в качестве индикатора метилового оранжевого ( $pT = 4$ ) и фенолфталеина ( $pT = 9$ ).

Расчёты, необходимые для построения кривой титрования, удобно представить в виде таблицы

f	Формула для расчёта pH	pH
0	$pH = \frac{1}{2} (pK_w + pK_{\text{BH}^+} + \lg C_0) = \frac{1}{2} (14,0 + 9,25 - 1,0)$	11,1
0,1 00	$pH = pK_{\text{BH}^+} - \lg \frac{f}{1-f} = 9,25 - \lg \frac{0,100}{1-0,100}$	10,2

0,5 00	аналогично	9,25
0,9 00	аналогично	8,29
0,9 90	аналогично	7,24
<b>1,0 00</b>	$\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{pK}_{\text{BH}^+} - \lg \frac{C_0}{1+f}) = \frac{1}{2}(9,25 - \lg \frac{0,10}{2})$	<b>5,27</b>
1,0 10	$\text{pH} = -\lg(C_T \frac{f-1}{f+1}) = -\lg \frac{0,10 \cdot 0,01}{2,01}$	3,30
1,1 00	аналогично	2,32
1,5 00	аналогично	1,70

Кривая титрования имеет следующий вид



Титрование с метиловым оранжевым заканчивается в более кислой среде ( $\text{pH} = 4$ ), чем та, которая соответствует точке эквивалентности ( $\text{pH} = 5,27$ ). Таким образом, будет иметь место водородная систематическая индикаторная погрешность. Исходные концентрации титруемого вещества и титранта одинаковы, поэтому  $V_{\text{конечн}} = 2V_0$

$$\Delta_{\text{H}^+} = \frac{2 \cdot 10^{-\text{pT}}}{C_0} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,10} \cdot 100\% = 0,2\%$$

При использовании фенолфталеина титрование будет заканчиваться задолго до точки эквивалентности. В растворе будет оставаться неоттитрованное слабое основание ( $\text{NH}_3$ ), поэтому будет иметь место основная систематическая индикаторная погрешность.



$$\Delta_B = -\frac{1}{1 + 10^{pK_{BH^+} - pT}} \cdot 100\% = -\frac{1}{1 + 10^{9,25-9}} \cdot 100\% = -36\%$$

Таким образом, метиловый оранжевый может быть использован для обнаружения конечной точки титрования, а фенолфталеин нет.

### РАЗДЕЛ 3. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

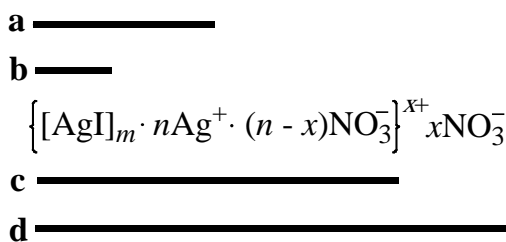
1. Величина относительного пересыщения увеличивается при:

- 1) медленном добавлении осадителя;
- 2) проведении процесса осаждения при повышенной температуре;
- 3) перемешивании реакционной смеси;
- 4) использовании в качестве осаждаемой формы вещества с как можно меньшей растворимостью.

2. При получении аморфных осадков:

- 1) осаждение ведут из концентрированных растворов концентрированным раствором осадителя;
- 2) раствор осадителя прибавляют медленно;
- 3) после осаждения осадок оставляют в контакте с маточным раствором для «старения»;
- 4) стараются подобрать условия осаждения так, чтобы способствовать коллоидообразованию.

3. Буквами a, b, c, d в формуле коллоидной частицы иодида серебра обозначены, соответственно:



- 1) ядро, агрегат, гранула, мицелла;
- 2) агрегат, ядро, гранула, мицелла;
- 3) гранула, ядро, мицелла, агрегат;
- 4) агрегат, ядро, мицелла, гранула.

4. Укажите НЕВЕРНОЕ утверждение:

- 1) при повышении температуры адсорбция ионов на поверхности осадка уменьшается;
- 2) при прочих равных условиях на осадке сильнее адсорбируется ион, концентрация которого в растворе больше;
- 3) на осадке  $\text{BaSO}_4$  из находящихся в растворе ионов  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  лучше всего будут адсорбироваться хлорид-ионы;

4) адсорбция примесей на осадке приводит к получению завышенных результатов анализа.

5. Ионы висмута можно определять гравиметрически, используя различные осадители. Укажите гравиметрическую форму, для которой значение гравиметрического фактора будет наименьшим:

- 1)  $\text{BiOCl}$ ;
- 2)  $\text{BiPO}_4$ ;
- 3)  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ;
- 4)  $(\text{C}_9\text{H}_7\text{ONH})(\text{BiI}_4)$ .

6. Больше всего значащих цифр содержит число:

- 1) 0,123;
- 2) 1,230;
- 3) 0,0123;
- 4) 0,00123.

7. Зависит от вида распределения случайной величины:

- 1) доверительный интервал среднего значения;
- 2) стандартное отклонение;
- 3) относительное стандартное отклонение;
- 4) дисперсия.

8. Выборочное среднее равно 200, исправленная выборочная дисперсия – 4,0, объём выборки – 5. Укажите величину относительного стандартного отклонения:

- 1) 0,20;
- 2) 0,10;
- 3) 0,010;
- 4) 0,020.

9. Дисперсии результатов определения одного и того же вещества в одной и той же пробе с помощью одинаковой методики, у двух химиков-аналитиков оказались равными  $6,0 \cdot 10^{-3}$  и  $1,8 \cdot 10^{-2}$ . Экспериментальное значение  $F$ -критерия равно:

- 1) 0,30;
- 2) 1,8;
- 3) 6,0;
- 4) 3,0.

10. Укажите приёмы, используемые для проверки правильности результатов анализа: а) анализ стандартных образцов; б) способ «введено – найдено»; в) повторное выполнение анализа; г) анализ образца различными методами.

- 1) а, г;

- 2) б, в;
- 3) а, б, г;
- 4) а, б, в, г.

11. В титриметрических методах анализа измеряют:

- 1) количество вещества продукта химической реакции;
- 2) количество вещества реагента, вступившего в реакцию с определяемым веществом;
- 3) разность между количествами реагента, вступившего в химическую реакцию, и образовавшегося продукта;
- 4) равновесную концентрацию продукта химической реакции.

12. Укажите титриметрический метод анализа, в котором обнаружение конечной точкой титрования может быть проведено без использования индикатора:

- 1) ацидиметрия;
- 2) алкалиметрия;
- 3) нитритометрия;
- 4) перманганатометрия.

13. Укажите строку, в которой перечислены титриметрические методы анализа, в основе которых лежит один и тот же тип химических реакций:

- 1) ацидиметрия, перманганатометрия, аргентометрия;
- 2) комплексонометрия, алкалиметрия, меркуриметрия;
- 3) иодометрия, меркурометрия, аргентометрия;
- 4) дихроматометрия, броматометрия, цериметрия.

14. При перманганатометрическом определении нитрита натрия подкисленный раствор  $\text{KMnO}_4$  титруют раствором  $\text{NaNO}_2$ . Такой вариант титриметрического определения называется:

- 1) реверсивным титрованием;
- 2) титрованием заместителя;
- 3) обратным титрованием;
- 4) косвенным титрованием.

15. Точную навеску образца гидроксида натрия поместили в мерную колбу вместимостью 100,0 мл, растворили в воде, затем 10,00 мл полученного раствора титровали 0,1000 М  $\text{HCl}$  в присутствии фенолфталеина. В данной методике используется:

- 1) прямое титрование, метод пипетирования;
- 2) обратное титрование, метод отдельных навесок;
- 3) титрование заместителя, метод пипетирования;
- 4) прямое титрование, метод отдельных навесок.

16. Обратное титрование применяют, если:

- 1) взаимодействие определяемого вещества с титрантом не сопровождается аналитическим эффектом;
- 2) определяемое вещество окрашено;
- 3) реакция определяемого вещества с титрантом протекает медленно;
- 4) реакция определяемого вещества с титрантом практически необратима.

17. Дихроматометрическое определение тиосульфата натрия проводят способом титрования заместителя. Прямое титрование в данном случае провести невозможно, потому что реакция  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  с  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  в присутствии  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :

- 1) обратима;
- 2) нестехиометрична;
- 3) термодинамически невозможна;
- 4) не имеет аналитического эффекта.

18. Укажите верное утверждение:

- 1) с целью удаления органических загрязнений мерные колбы и пипетки прокаливают при температуре 200 °С;
- 2) стандартная температура градуировки мерной посуды составляет 18 °С;
- 3) для того чтобы приготовить стандартный раствор  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  необходимо взять точную навеску этого вещества, поместить в мерную колбу, растворить в горячей воде и затем довести горячей водой до метки;
- 4) вода массой 100 г занимает при температуре 10 °С меньший объём, чем при температуре 20 °С.

19. Титриметрическое определение  $\text{H}_2\text{O}_2$  по реакции с  $\text{KMnO}_4$  проводят в кислой среде. Для того чтобы отмерить требуемый по методике анализа объём раствора серной кислоты, используют:

- 1) бюретку;
- 2) мерную колбу;
- 3) мерный цилиндр;
- 4) делительную воронку.

20. Согласно методике обратного титрования к раствору определяемого вещества следует добавить 20,00 мл стандартного раствора первого титранта. Укажите виды мерной посуды, с помощью которой это можно сделать: а) мерный стакан; б) мерный цилиндр; в) мерная пипетка; г) бюретка.

- 1) а, б, в, г;
- 2) в, г;
- 3) а, б;

4) а, б, в.

21. Для стандартизации раствора  $\text{HCl}$  используют первичное стандартное вещество:

- 1)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;
- 2)  $\text{NaOH}$ ;
- 3)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;
- 4)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ .

22. Для стандартизации раствора  $\text{NaOH}$  используют первичное стандартное вещество:

- 1) гидрофталат калия;
- 2)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ;
- 3)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- 4)  $\text{HCl}$ .

23. В качестве титранта в кислотно-основном титровании используют все вещества, кроме:

- 1)  $\text{NaOH}$ ;
- 2)  $\text{HCl}$ ;
- 3)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- 4)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ .

24. При приготовлении раствора  $\text{NaOH}$  вначале готовят концентрированный раствор данного вещества, затем оставляют на сутки. Прозрачную жидкость сливают с осадка и разбавляют водой. Описанный порядок приготовления раствора обусловлен тем, что:

- 1) растворение  $\text{NaOH}$  в воде происходит медленно;
- 2)  $\text{NaOH}$  склонен к образованию пересыщенных растворов;
- 3)  $\text{NaOH}$  должен в течение суток осадить все примеси органических веществ, содержащиеся в воде;
- 4) образец  $\text{NaOH}$  может содержать примесь  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , который мало растворим в концентрированном растворе щелочи.

25. Молярная концентрация  $\text{KOH}$  в растворе равна 2,00 моль/л. В 100 мл такого раствора содержится  $\text{KOH}$  ( $M = 56,1$  г/моль) массой (г):

- 1) 11,2;
- 2) 5,61;
- 3) 2,00;
- 4) 56,1.

26. Титр соответствия 0,1000 М  $\text{HCl}$  ( $M = 36,44$  г/моль) по  $\text{NaOH}$  ( $M = 40,00$  г/моль) равен (мг/мл):

- 1) 0,1000;
- 2) 40,00;

- 3) 3,644;
- 4) 4,000.

27. Эквивалент фосфорной кислоты при её титровании гидроксидом натрия до дигидрофосфата натрия равен:

- 1) 1;
- 2) 1 моль;
- 3) молекуле  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;
- 4) 98 г/моль.

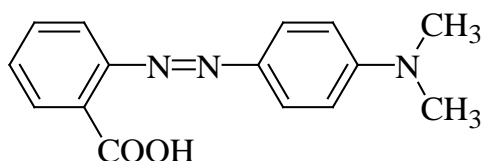
28. Для титрования 10,00 мл раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $M = 98,08$  г/моль) было израсходовано 10,00 мл 0,1000 М NaOH. Титр раствора серной кислоты равен (мг/мл):

- 1) 9,808;
- 2) 4,904;
- 3) 49,04;
- 4) 98,08.

29. Укажите все вещества, которые являются одноцветными кислотно-основными индикаторами и изменяют окраску в щелочной среде: а) метиловый красный; б) фенолфталеин; в) феноловый красный; г) тимолфталеин.

- 1) а, б;
- 2) б, в;
- 3) а, г;
- 4) б, г.

30. Вещество, формула которого приведена ниже, используется в кислотно-основном титровании в качестве:



- 1) титранта;
- 2) первичного стандартного вещества;
- 3) кислотно-основного индикатора;
- 4) компонента контрастного индикатора, окраска которого не зависит от pH.

31. К 20,0 мл 0,10 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  прибавили 10,0 мл 0,12 М NaOH. Степень оттитрованности уксусной кислоты равна:

- 1) 0,60;
- 2) 0,50;
- 3) 0,20;

4) 0,10.

32. Степень оттитрованности HCl будет равна 0,80 при добавлении к 20,0 мл 0,090 М HCl 0,080 М раствора KOH объемом (мл):

- 1) 8,0;
- 2) 12,0;
- 3) 18,0;
- 4) 20,0.

33. Раствор с концентрацией аммиака 0,10 моль/л титруют 0,10 М раствором серной кислоты. Величина pH раствора будет равна 9,24 при степени оттитрованности:

- 1) 0,10;
- 2) 0,20;
- 3) 0,50;
- 4) 0,90.

34. Величина скачка титрования максимальна при титровании 0,01 М раствором NaOH 0,01 М раствора кислоты:

- 1) бромоводородной;
- 2) бензойной;
- 3) борной;
- 4) уксусной.

35. Укажите вещество, при титровании 0,1 М раствора которого 0,1 М раствором титранта точка эквивалентности находится при наибольшем значении pH (в скобках указан титрант):

- 1) бензоат натрия (HCl) ;
- 2) уксусная кислота (NaOH);
- 3) хлороводородная кислота (KOH);
- 4) аммиак (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

36. Укажите кислоту, которую можно оттитровать по первой ступени с погрешностью <1% (в скобках приведены значения  $pK_{a,1}$  и  $pK_{a,2}$ ):

- 1) фумаровая (3,03; 4,38);
- 2) лимонная (3,13; 4,66);
- 3) щавелевая (1,25; 4,27);
- 4) аскорбиновая (4,04; 11,34).

37. При обнаружении конечной точки титрования салициловой кислоты раствором NaOH с помощью метилового оранжевого имеет место систематическая индикаторная погрешность:

- 1) кислотная;
- 2) основная;
- 3) водородная;

4) гидроксидная.

38. Основная систематическая индикаторная погрешность возможна при титровании:

- 1) бензойной кислоты гидроксидом натрия;
- 2) хлороводородной кислоты гидроксидом натрия;
- 3) аммиака хлороводородной кислотой;
- 4) гидроксида натрия хлороводородной кислотой.

39. Укажите все вещества для обнаружения конечной точки титрования 0,1 М растворов которых соответствующими титрантами может быть использован метиловый красный ( $pT = 5$ ): а)  $HCl$ ; б)  $CH_3COOH$ ; в)  $C_6H_5COONa$ ; г)  $H_3BO_3$ .

- 1) а, б, в, г;
- 2) а, в, г;
- 3) а, в;
- 4) б, г.

40. Укажите верное утверждение:

1) при титровании раствора  $CH_3COOH$  раствором  $NaOH$  систематическая индикаторная погрешность для фенолфталеина будет больше, чем для метилового оранжевого;

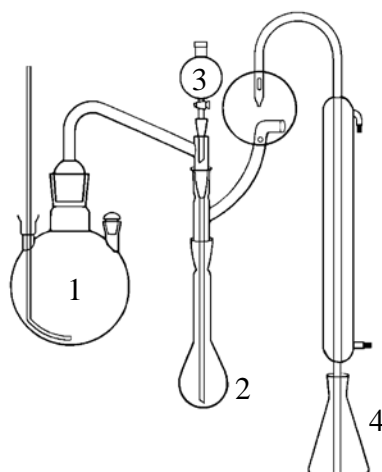
2) при титровании раствора  $HCOOH$  раствором  $NaOH$  систематическая индикаторная погрешность для фенолфталеина и метилового оранжевого будут одинаковыми;

3) при обнаружении с помощью фенолфталеина конечной точки титрования борной кислоты раствором  $NaOH$  в присутствии глицерина будет иметь место водородная индикаторная погрешность, а с помощью метилового оранжевого – гидроксидная;

4) для обнаружения конечной точки титрования  $NaHCO_3$  0,1 М раствором  $HCl$  используют метиловый оранжевый.

41. Укажите цифру, которым обозначена часть прибора для определения азота в органических соединениях, в которую помещают навеску определяемого вещества?





- 1) 4;
- 2) 3;
- 3) 2;
- 4) 1.

42. При определении азота в органических соединениях методом Кьельдаля НЕ ИСПОЛЬЗУЮТ:

- 1) сульфат калия;
- 2) хлорид аммония;
- 3) селен;
- 4) сульфат меди (II).

43. Прямое алкалиметрическое определение соли аммония невозможно, потому что реакция данного вещества со щелочью:

- 1) обратима;
- 2) протекает медленно;
- 3) сопровождается образованием большого числа побочных продуктов;
- 4) протекает только в неводных средах.

44. Муравьиная кислота в отличие от уксусной является растворителем:

- 1) апротонным;
- 2) протогенным;
- 3) полярным;
- 4) несмешивающимся с водой.

45. Величина  $pK_T$  титрования мочевины ( $pK_{BH^+} = 7,65$ ) в уксусной кислоте ( $pK_{SH} = 14,4$ ) равна:

- 1) 7,65;
- 2) 14,4;
- 3) 6,75;
- 4) 22,05.

46. В качестве титранта при ацидиметрических определениях в среде уксусной кислоты используют:

- 1)  $\text{HCl}$ ;
- 2)  $\text{HClO}_4$ ;
- 3)  $\text{CH}_3\text{ONa}$ ;
- 4)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

47. В качестве протофильного неводного растворителя в фармацевтическом анализе обычно применяют:

- 1) ацетонитрил;
- 2) уксусную кислоту;
- 3) толуол;
- 4) диметилформамид.

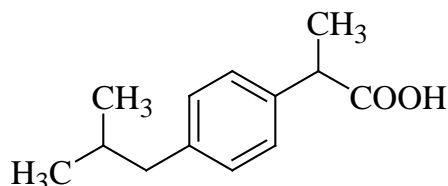
48. Для стандартизации титрантов неводного алкалиметрического титрования используют:

- 1) бензойную кислоту;
- 2) хлороводородную кислоту;
- 3) бензоат натрия;
- 4) гидроксид тетрабутиламмония.

49. Укажите все верные утверждения, относящиеся к тимоловому синему: а) сульфопфталеиновый индикатор; б) в 0,01 М  $\text{HCl}$  окрашен в синий цвет, а в 0,01 М  $\text{NaOH}$  – в жёлтый; в) используется для обнаружения конечной точки титрования алкалиметрического титрования в среде диметилформамида; г) изменяет окраску необратимо.

- 1) а, б;
- 2) в, г;
- 3) а, в;
- 4) б, г.

50. Ибупрофен является лекарственным веществом – производным фенилпропионовой кислоты:



Количественное определение данного вещества проводят методом алкалиметрического титрования в присутствии ацетона. Органический растворитель используется для того, чтобы:

- 1) усилить кислотные свойства определяемого вещества;
- 2) усилить основные свойства продукта реакции;
- 3) сделать реакцию практически необратимой;

4) получить раствор определяемого вещества, так как оно практически нерастворимо в воде.

51. Значения  $pK_a$  этилендиаминтетрауксусной кислоты равны: 2,0; 2,67; 6,16 и 10,26. При pH 10,26 в растворе с общей концентрацией ЭДТА 0,050 моль/л равновесная концентрация аниона  $Y^{4-}$  составляет (моль/л):

- 1) 0,025;
- 2) 0,050;
- 3) 0,010;
- 4)  $\approx 0$ .

52. Укажите число пятичленных циклов в структуре внутрикомплексного соединения, образующегося при взаимодействии катиона металла с ЭДТА:

- 1) два;
- 2) три;
- 3) четыре;
- 4) пять.

53. Константа образования комплекса  $CaY^{2-}$  равна  $5 \cdot 10^{10}$ . При pH 9,67 20% ЭДТА находится в растворе в виде аниона  $Y^{4-}$ . Условная константа образования комплекса  $CaY^{2-}$  при данном значении pH равна:

- 1)  $1 \cdot 10^9$ ;
- 2)  $1 \cdot 10^{10}$ ;
- 3)  $5 \cdot 10^{10}$ ;
- 4)  $1 \cdot 10^{11}$ .

54. НЕВЕРНЫМ является утверждение о том, что

- 1) растворимость этилендиаминтетрауксусной кислоты в воде минимальна при pH 1,6–1,8 и при повышении pH увеличивается;
- 2) разрушение комплекса катиона металла с индикатором должно происходить в точке эквивалентности;
- 3) при уменьшении условной константы образования комплекса металла с ЭДТА величина скачка титрования увеличивается;
- 4) комплексы ксиленолового оранжевого с катионами металлов имеют красную или пурпурную окраску.

55. В сильноокислой среде проводят комплексометрическое титрование соединений:

- 1) висмута (III);
- 2) кальция;
- 3) бария;
- 4) цинка.

56. Обратное титрование используют при комплексонометрическом определении соединений:

- 1) кальция;
- 2) магния;
- 3) висмута (III);
- 4) алюминия.

57. В качестве второго титранта при обратном комплексонометрическом титровании применяют:

- 1)  $\text{HNO}_3$ ;
- 2)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ;
- 3)  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ ;
- 4)  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ .

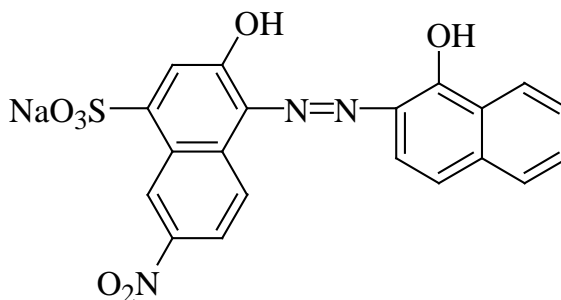
58. Наибольшее количество титранта будет израсходовано при комплексонометрическом титровании 1 ммоль:

- 1) сульфата цинка;
- 2) сульфата магния;
- 3) глюконата кальция;
- 4) оксида висмута (III).

59. Укажите катион металла, по которому титр соответствия 0,0500 М натрия эдетата имеет минимальное значение:

- 1)  $\text{Mg}^{2+}$ ;
- 2)  $\text{Ca}^{2+}$ ;
- 3)  $\text{Zn}^{2+}$ ;
- 4)  $\text{Pb}^{2+}$ .

60. Укажите все верные утверждения, относящиеся к веществу, формула которого приведена ниже:



а) металлохромный индикатор из группы азокрасителей; б) трёхосновная кислота; в) при pH 9 окрашено в синий цвет; г) окисляется в водных растворах.

- 1) а, б;
- 2) а, б, в;
- 3) б, в, г;

4) а, б, в, г.

61. Водный раствор нитрата ртути (II) – титранта меркуриметрического титрования содержит:

- 1) этиловый спирт;
- 2) азотную кислоту;
- 3) гидроксид натрия;
- 4) хлорид натрия.

62. В конечной точке меркуриметрического титрования хлорида натрия с дифенилкарбазоном:

- 1) раствор обесцвечивается;
- 2) выпадает белый мелкокристаллический осадок;
- 3) окраска раствора изменяется из жёлтой в синюю;
- 4) окраска раствора изменяется из синей в жёлтую.

63. Укажите верное утверждение, относящееся к аргентометрическому титрованию методом Мора:

- 1) проводят в кислой среде;
- 2) используется только для определения иодидов и цианидов;
- 3) может быть использовано для стандартизации раствора  $\text{AgNO}_3$ ;
- 4) предполагает использование для обнаружения конечной точки титрования адсорбционных индикаторов.

64. К раствору, содержащему бромид натрия ( $M = 102,9$  г/моль), прибавили 20,00 мл 0,1000 М  $\text{AgNO}_3$ . Для титрования избытка первого титранта потребовалось 10,00 мл 0,1000 М  $\text{KSCN}$ . Масса (мг) бромида натрия в исходном растворе составляет:

- 1) 10,29;
- 2) 102,9;
- 3) 0,1029;
- 4) 1,029.

65. При аргентометрическом определении хлоридов методом Фольгарда осадок хлорида серебра изолируют от раствора слоем органического растворителя. Это делается для того, чтобы предотвратить его:

- 1) окисление;
- 2) восстановление;
- 3) частичное растворение вследствие взаимодействия со вторым титрантом;
- 4) пептизацию.

66. Для создания оптимального pH при аргентометрическом определении иодидов в присутствии эозина используют:

- 1) уксусную кислоту;
- 2) аммиак;
- 3) гидроксид натрия;
- 4) азотную кислоту.

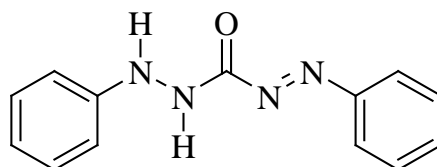
67. Причиной окрашивания осадка иодида серебра при аргентометрическом определении иодидов по методу Фаянса является:

- 1) адсорбция анионов эозина в качестве противоионов на осадке после точки эквивалентности;
- 2) адсорбция анионов эозина на осадке до точки эквивалентности и их десорбция после точки эквивалентности;
- 3) образование осадка эозината серебра;
- 4) взаимодействие в растворе аниона эозина с иодид-ионами.

68. В конечной точке меркурометрического титрования хлорида натрия происходит:

- 1) образование тиоцианатного комплекса Fe(III) и появление красной окраски;
- 2) разрушение тиоцианатного комплекса Fe(III) и исчезновение красной окраски;
- 3) выпадение окрашенного осадка хромата ртути (I);
- 4) изменение цвета раствора, обусловленного окраской титранта.

69. Выберите все верные утверждения. Вещество, формула которого приведена ниже:



а) относится к хелатообразующим органическим реагентам; б) в зависимости от метода анализа может выступать в качестве металлохромного и адсорбционного индикаторов; в) используется в качестве аналитического реагента для обнаружения ионов ртути (II); г) представляет собой легко растворимый в воде аморфный порошок белого цвета.

- 1) а, б, в;
- 2) б, в, г;
- 3) а, в;
- 4) а, б, в, г.

70. Укажите титриметрический метод анализа может быть использованы для определения хлорид-ионов в растворе, рН которого равен 2:

- 1) аргентометрия (метод Мора);

- 2) аргентометрия (индикатор – эозин);
- 3) аргентометрия (индикатор – флуоресцеин);
- 4) меркуриметрия (индикатор – нитропруссид натрия).

71. Укажите свойство, которым должна обладать химическая реакция, используемая в прямом окислительно-восстановительном титровании:

- 1) большая величина ЭДС реакции;
- 2) реакция должна быть обратимой;
- 3) энергия активации реакции превышает 100 кДж;
- 4) состав продуктов реакции зависит от условий её проведения.

72. Величина электродного потенциала будет равна  $E'_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}$  при степени оттитрованности  $\text{FeSO}_4$  раствором  $\text{KMnO}_4$  равной:

- 1) 0,25;
- 2) 0,50;
- 3) 0,75;
- 4) 1,00.

73. Точка эквивалентности НЕ БУДЕТ находиться в середине скачка титрования при  $\text{pH} = 1$  для реакции:

- 1)  $\text{Fe}^{2+} + \text{Ce}^{4+} = \text{Fe}^{3+} + \text{Ce}^{3+}$ ;
- 2)  $\text{Fe}^{3+} + \text{Cr}^{2+} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cr}^{3+}$ ;
- 3)  $\text{Fe}^{3+} + \text{Ti}^{3+} + \text{H}_2\text{O} = \text{Fe}^{2+} + \text{TiO}^{2+} + 2\text{H}^+$ ;
- 4)  $6\text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ = 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ .

74. Для обнаружения конечной точки титрования раствора  $\text{FeSO}_4$  раствором  $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ , протекающего в 1 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $E'_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = +0,68$  В,  $E'_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}} = +1,44$  В) используют:

- 1) ферроин ( $E^0 = +1,06$  В);
- 2) 2,6-дихлорфенолиндофенол ( $E^0 = +0,668$  В);
- 3) метиленовый синий ( $E^0 = +0,36$  В);
- 4) нейтральный красный ( $E^0 = +0,24$  В).

75. Иодометрическое определение тиосульфата натрия не проводится в щелочной среде, так как в данных условиях:

- 1) тиосульфат натрия гидролизуеться;
- 2) тиосульфат натрия выпадает в осадок;
- 3) реакция тиосульфата натрия с иодом протекает медленно;
- 4) иод вступает в реакцию диспропорционирования с образованием в иодид- и гипоиодит-ионов.

76. Методом обратного иодометрического титрования определяют:

- 1) аналгин;
- 2) аскорбиновую кислоту;
- 3) вещества, содержащие активный хлор;
- 4) формальдегид.

77. Титрование заместителя проводят при иодометрическом определении:

- 1) сульфата меди (II);
- 2) глюкозы;
- 3) тиосульфата натрия;
- 4) оксида серы (IV).

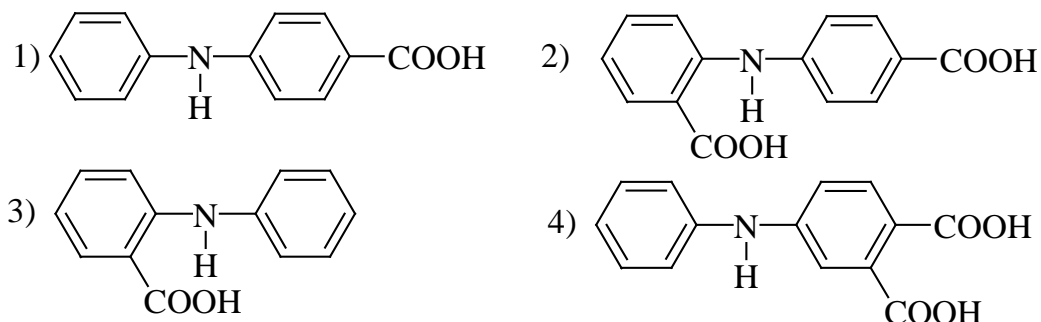
78. Раствор крахмала добавляют в начале титрования при иодометрическом определении:

- 1) пероксида водорода;
- 2) изониазида;
- 3) кофеина;
- 4) аскорбиновой кислоты.

79. Укажите все верные утверждения, относящиеся к определению воды методом Карла Фишера: а) вода является окислителем; б) в конечной точке титрования раствор окрашивается в коричневый цвет; в) в качестве основания может быть использован имидазол; г) реактив Карла Фишера является вторичным стандартным раствором.

- 1) а, б, в, г;
- 2) б, в, г;
- 3) а, в, г;
- 4) б, г.

80. Укажите формулу N-фенилантраниловой кислоты:



81. Для получения монохлорида иода – титранта хлориодометрического титрования используется реакция:

- 1)  $2\text{KI} + \text{KIO}_3 + 6\text{HCl} = 3\text{ICl} + 3\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$ ;
- 2)  $3\text{I}_2 + 2\text{HNO}_3 + 6\text{HCl} = 6\text{ICl} + 2\text{NO}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ ;
- 3)  $\text{I}_2\text{Cl}_6 = 2\text{ICl} + \text{Cl}_2$ ;
- 4)  $2\text{KI} + \text{KIO}_3 + 3\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O} = 3\text{ICl} + 6\text{KOH}$ .



82. При встряхивании приготовленного раствора монохлорида иода с хлороформом слой последнего окрасился в фиолетовый цвет. Это указывает на то, что:

- 1) приготовленный раствор содержит только  $\text{ICl}$  и готов к дальнейшему использованию;
- 2) к раствору следует добавить  $\text{KI}$ ;
- 3) к раствору следует добавить  $\text{KIO}_3$ ;
- 4) к раствору следует добавить  $\text{HCl}$ .

83. В конечной точке хлориодометрического титрования аскорбиновой кислоты (индикатор крахмал):

- 1) раствор окрашивается в синий цвет;
- 2) раствор обесцвечивается;
- 3) образуется осадок белого цвета;
- 4) окраска раствора изменяется от синей до красной.

84. Укажите верное утверждение, относящееся к стандартному раствору иодата калия:

- 1) неустойчив при хранении;
- 2) может быть приготовлен как первичный стандартный раствор;
- 3) как и стандартный раствор иода содержит иодид калия;
- 4) как и раствор перманганата калия интенсивно окрашен.

85. Иодат калия в процессе иодатометрического титрования взаимодействует в молярном соотношении 1:1 с веществом:

- 1) аскорбиновая кислота;
- 2) иодид калия;
- 3) гидразин;
- 4) иод.

86. Укажите одно из условий проведения нитритометрического титрования:

- 1) титрант добавляют медленно;
- 2) проводится только в неводных средах;
- 3) титруемый раствор нагревают до температуры 60–70 °C;
- 4) всегда является косвенным.

87. При нитритометрическом титровании вторичных аминов в отличие от титрования первичных ароматических аминов НЕ ИСПОЛЬЗУЮТ:

- 1) нитрит натрия;
- 2) бромид калия;
- 3) внутренние индикаторы;
- 4) хлороводородную кислоту.

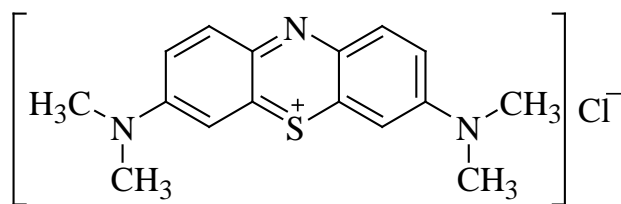
88. В конечной точке нитритометрического титрования иодидкрахмальная индикаторная бумага:

- 1) обесцвечивается;
- 2) окрашивается в синий цвет;
- 3) окрашивается в зелёный цвет;
- 4) изменяет окраску от жёлтой до красной.

89. Укажите реагенты, используемые для стандартизации раствора нитрита натрия: а) 4-аминобензолсульфоновая кислота; б) амид сульфаниловой кислоты; в) стандартный раствор тиосульфата натрия; г) стандартный раствор перманганата калия.

- 1) а, б;
- 2) а, г;
- 3) б, в, г;
- 4) а, б, г.

90. Вещество, формула которого приведена ниже, применяется в нитритометрическом титровании в качестве:



- 1) окислительно-восстановительного индикатора;
- 2) вспомогательного комплексообразователя;
- 3) кислотно-основного индикатора;
- 4) фонового красителя.

91. Бромид-броматная смесь представляет собой раствор:

- 1) KBr и KBrO<sub>3</sub> в 1 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;
- 2) KBr и KBrO<sub>3</sub> в воде;
- 3) KBr в воде;
- 4) KBrO<sub>3</sub> в воде.

92. Для стандартизации раствора KBrO<sub>3</sub> применяют:

- 1) стандартный раствор Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;
- 2) KI;
- 3) KMnO<sub>4</sub>;
- 4) сульфаниловую кислоту.

93. В конечной точке броматометрического титрования окраска метилового оранжевого:

- 1) исчезает;

2) вначале исчезает, а при добавлении избытка титранта снова становится красной;

3) изменяется от красной до жёлтой;

4) изменяется от жёлтой до красной.

94. Стандартный раствор дихромата калия:

1) неокрашен;

2) является первичным;

3) неустойчив при хранении и в запас не готовится;

4) всегда содержит серную кислоту.

95. Дихромат калия используется в качестве осадительного реагента при определении:

1) соединений железа (II);

2) химического потребления кислорода;

3) этилового спирта;

4) метиленового синего.

96. Укажите верное утверждение, относящееся к перманганатометрическому титрованию:

1) проводят только в щелочной среде;

2) как правило, является безындикаторным;

3) может быть только обратным или косвенным;

4) используют только для определения органических веществ.

97. Стандартизацию раствора перманганата калия с помощью оксалата натрия проводят:

1) при нагревании до 70 °C;

2) при охлаждении до 5 °C;

3) в сильнощелочной среде;

4) в присутствии катализатора –  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ .

98. Метод перманганатометрического титрования используется в фармакопейном анализе для количественного определения:

1) первичных ароматических аминов;

2) фенолов;

3) пероксида водорода;

4) аскорбиновой кислоты и других витаминов.

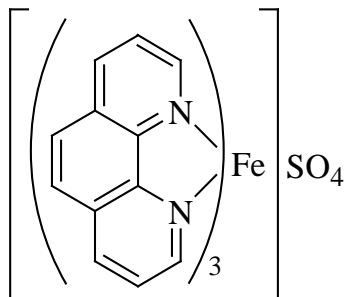
99. Укажите все верные утверждения, относящиеся к стандартному раствору сульфата церия (IV): а) окрашен в жёлтый цвет; б) обычно является вторичным; в) содержит серную кислоту; г) в качестве растворителя для его приготовления используется безводный этанол.

1) а, б;

2) б, в, г;

- 3) а, в;  
4) а, б, в.

100. Вещество, формула которого приведена ниже, используется в цериметрическом титровании в качестве:



- 1) титранта;  
2) вспомогательного реагента;  
3) индикатора;  
4) одного из компонентов буферного раствора.

# **ЧАСТЬ III**

## **ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**

### **РАЗДЕЛ 1. ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ**

#### **СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**

1. Приведите классификацию спектроскопических методов анализа в зависимости от характера взаимодействия электромагнитного излучения с веществом и вида частиц, взаимодействующих с электромагнитным излучением. Объясните общий принцип измерения аналитического сигнала в абсорбционных спектроскопических методах анализа.
2. Какие методы анализа относят к спектроскопическим? Приведите классификацию таких методов анализа в зависимости от вида используемого электромагнитного излучения. Какие спектроскопические методы анализа называют оптическими?
3. Что такое фотометрическая реакция? Приведите примеры использования таких реакций для определения неорганических и органических веществ. С помощью каких параметров характеризуют чувствительность, контрастность и избирательность фотометрических реакций?
4. Изобразите схему флуориметра (спектрофлуориметра) и объясните принцип его работы. Почему измерение флуоресценции обычно проводят под углом  $90^\circ$  по отношению к направлению возбуждающего света?
5. Почему измерение интенсивности флуоресценции проводят с помощью фотоумножителя, а не с помощью обычного фотоэлемента? Почему флуориметрия является более чувствительным и более избирательным методом анализа, чем фотометрия?
6. Что такое спектр возбуждения флуоресценции, спектр испускания (спектр флуоресценции), квантовый и энергетический выход флуоресценции. Как связаны между собой последние две характеристики флуоресцирующего вещества?
7. Что такое флуоресценция и фосфоресценция? Почему измерение флуоресценции проводится при большей длине волны, чем её возбуждение?
8. Дайте краткую характеристику основным приёмам, используемым в флуориметрическом анализе (прямая флуориметрия, флуориметрические реакции, экстракционная флуориметрия и др.)
9. Что такое спектр поглощения (испускания)? Почему атомные спектры поглощения или испускания в оптической области спектра линейчатые, а молекулярные состоят из широких полос?

10. Что такое экстракционная фотометрия? Приведите примеры использования экстракционной фотометрии в фармацевтическом анализе.

11. Что такое атомно-эмиссионная спектроскопия? Какая её разновидность носит название «пламенная фотометрия»? Для определения каких веществ применяется данный метод анализа?

12. Опишите практическое применение атомно-абсорбционной спектроскопии. Какими преимуществами и недостатками обладает данный метод анализа?

13. Приведите вывод математического выражения закона, который лежит в основе количественных определений в абсорбционных спектроскопических методах анализа?

14. Что такое производная спектрофотометрия? Какими преимуществами обладают производные спектров поглощения веществ по сравнению с обычными спектрами?

15. Что такое положительные и отрицательные отклонения от основного закона светопоглощения? Чем могут быть вызваны данные отклонения?

16. Изобразите схему диспергирующего ИК-спектрометра и объясните принцип его работы.

17. Каким образом в атомно-эмиссионной спектроскопии проводится обнаружение (идентификация) и количественное определение веществ?

18. Что такое пропускание ( $T$ ) и оптическая плотность ( $A$ )? Почему в количественном анализе используют оптическую плотность, а не пропускание?

19. Что такое фотометрическое титрование?

20. Изобразите схему атомно-эмиссионного спектрометра и объясните принцип его работы. Что такое спектроскоп, спектрограф и квантометр?

21. Изобразите схему спектрофотометра и объясните принцип его работы.

22. От чего зависит, в какой области ИК-спектра будет находиться полоса поглощения той или иной связи? Что такое область “отпечатков пальцев” и область функциональных групп?

23. Почему в качестве источника в атомно-абсорбционной спектроскопии не используют обычные лампы накаливания, дающие непрерывный спектр испускания? Объясните принцип работы лампы с полым катодом.

24. Почему спектрофотометрия в УФ- и видимой области спектра обычно используется для количественного определения веществ, в то время как ИК-спектроскопия - для обнаружения и идентификации? Каким образом может проводиться идентификация неизвестного вещества методом ИК-спектроскопии?

25. Какую форму имеет пламя, используемое в качестве атоизатора в атомно-абсорбционной спектроскопии? Почему такая форма пламени

повышает чувствительность определения? Что такое электротермический атомизатор?

26. Что такое многоволновая спектрофотометрия?

27. Почему интенсивность флуоресценции увеличивается прямо пропорционально увеличению оптической плотности раствора при  $\lambda_{\text{возб}}$  лишь при малых значениях  $A$ ?

28. Что такое фотоэлектроколориметр и чем он принципиально отличается от спектрофотометра?

29. Что такое разностная (дифференциальная) спектрофотометрия?

30. Объясните, почему атомизация в атомно-эмиссионной спектроскопии проводится в более жёстких условиях, чем в абсорбционной. Какие виды атомизаторов, используемых в АЭС, Вам известны?

31. Оптическая плотность метанольного раствора преднизолона ( $M = 360,45$  г/моль) с концентрацией растворённого вещества  $12,0$  мкг/мл, находящегося в кювете с толщиной слоя  $1,00$  см, при  $242$  нм равна  $0,498$ . Рассчитайте волновое число, частоту и энергию, соответствующие  $\lambda_{\text{max}}$  поглощения преднизолона, а также значения его удельного и молярного коэффициентов поглощения при данной длине волны.

32. Оптическая плотность раствора, содержащего два лекарственных вещества А и Б, при  $280$  нм равна  $0,538$ , а при  $340$  нм -  $0,306$ . Рассчитайте концентрации А и Б в данном растворе (мкг/мл), если удельные коэффициенты поглощения вещества А при  $280$  и  $340$  нм равны, соответственно,  $560$  и  $120$ , а вещества Б -  $180$  и  $420$ . Все измерения проводились в кювете с толщиной слоя  $1,00$  см.

33. Раствор дипиридамола в этиловом спирте с неизвестной концентрацией растворённого вещества имеет интенсивность флуоресценции  $50,0$  ед, а стандартный раствор с концентрацией данного вещества  $0,20$  мкг/мл -  $43,0$  ед. Рассчитайте концентрацию дипиридамола в анализируемом растворе, если интенсивность флуоресценции контрольного опыта равна  $5,0$  ед.

34. Навеску массой  $0,0500$  г лекарственного вещества левоноргестрела ( $M = 312,5$  г/моль) растворили в  $\text{CH}_3\text{OH}$ , получив  $100,0$  мл раствора. Затем  $2,00$  мл этого раствора разбавили метанолом до  $100,0$  мл. Оптическая плотность полученного раствора, находящегося в кювете с толщиной слоя  $1,00$  см, при  $241$  нм оказалась равной  $0,540$ . Рассчитайте молярный и удельный коэффициенты поглощения левоноргестрела при данной длине волны.

35. Навеску массой  $0,1533$  г порошка растёртых таблеток норфлоксацина растворили в  $0,1$  М  $\text{HCl}$ , получив  $250,0$  мл раствора. Необходимое количество раствора профильтровали через бумажный фильтр. Фильтрат объёмом  $1,00$  мл поместили в мерную колбу вместимостью  $100,0$  мл и довели  $0,1$  М  $\text{HCl}$  до метки. Оптическая плотность полученного раствора при  $278$  нм в кювете толщиной  $1,00$  см оказалась равной  $0,475$ . Рассчитайте массу норфлоксацина в расчёте на

среднюю массу одной таблетки, если раствор с концентрацией норфлоксацина гидрохлорида 4,00 мкг/мл имеет при описанных выше условиях оптическую плотность 0,525. Средняя масса одной таблетки равна 0,6774 г.

36. Раствор с неизвестной концентрацией фолиевой кислоты имеет интенсивность флуоресценции 100 ед, при добавлении к данному раствору 10,0 мкг фолиевой кислоты интенсивность флуоресценции раствора стала равной 150 ед. Рассчитайте массу фолиевой кислоты, содержащейся в исходном растворе.

37. Оптическая плотность раствора ципрофлоксацина ( $M = 385,8$  г/моль) с концентрацией растворённого вещества  $2,00 \cdot 10^{-5}$  моль/л, находящегося в кювете с толщиной слоя 1,00 см, при длине волны 278 нм равна 0,750. Рассчитайте волновое число, частоту и энергию, соответствующие  $\lambda_{\max}$  поглощения ципрофлоксацина, а также значения его удельного и молярного коэффициентов поглощения при данной длине волны.

38. Навеску массой 0,5000 г образца, содержащего лекарственные вещества метронидазол и тетрациклин, а также другие вещества, не поглощающие в ближней УФ-области, растворили в 100,0 мл 0,01 М HCl. Затем 5,00 мл полученного раствора разбавили 0,01 М HCl до 100,0 мл. Оптическая плотность раствора (кювета с толщиной поглощающего слоя 1,00 см), полученного в результате разбавления, при 277 нм была равна 0,720, а при 355 нм - 0,350. Рассчитайте массовые доли метронидазола и тетрациклина в анализируемом образце, если удельные коэффициенты поглощения тетрациклина при 277 нм и 355 нм равны 360 и 290, а метронидазола, соответственно, 320 и 65.

39. Раствор с неизвестной концентрацией хинидина имеет интенсивность флуоресценции 80 ед, после того как к 5,00 мл раствора данного вещества прибавили 1,00 мл стандартного раствора с концентрацией хинидина 1,00 мкг/мл интенсивность флуоресценции полученной смеси стала равной 150 ед. Рассчитайте массу хинидина, содержавшегося в 100 мл анализируемого раствора.

40. Раствор с концентрацией цианокобаламина ( $M = 1355,4$  г/моль) 30,0 мг/л, находящийся в кювете с толщиной слоя 10,0 мм, имеет при 361 нм оптическую плотность 0,621. Рассчитайте волновое число, частоту и энергию, соответствующие  $\lambda_{\max}$  поглощения цианокобаламина, а также значения его удельного и молярного коэффициентов поглощения при данной длине волны.

41. К 5,00 мл раствора с неизвестной концентрацией вещества, который имел оптическую плотность 0,400, прибавили 5,00 мл раствора с концентрацией этого же вещества 10,0 мкг/мл. Оптическая плотность полученного раствора, при измерении её в таких же условиях, что и для исходного раствора, оказалась равной 0,600. Рассчитайте концентрацию вещества (мкг/мл) в исходном растворе.



42. При измерении в одинаковых условиях интенсивности флуоресценции растворов с различной концентрацией рибофлавина (мкг/мл) были получены следующие результаты:

C, мкг/мл	0,08	0,16	0,24	0,32
I	46	97	148	189

Рассчитайте величину углового коэффициента  $b$  в уравнении зависимости  $I = bC$  и определите концентрацию рибофлавина в растворе, интенсивность флуоресценции которого равна 120.

43. Навеску антибиотика рифампицина ( $M = 823,0$  г/моль) массой 0,1100 г растворили в метаноле, получив 100,0 мл раствора. Аликвотную часть приготовленного раствора объёмом 2,00 мл разбавили до 100,0 мл фосфатным буферным раствором. Оптическая плотность полученного раствора при длине волны 475 нм в кювете с толщиной слоя 10,0 мм оказалась равной 0,412. Рассчитайте удельный и молярный коэффициенты поглощения рифампицина при данной длине волны.

44. Пробу объёмом 1,00 мл настойки белладонны поместили в мерную колбу вместимостью 25,00 мл и довели объём раствора водой до метки (раствор 2). Затем к 4,00 мл раствора 2 прибавили 0,20 мл 25%  $NH_3$  и воду до 5,00 мл, после чего провели экстракцию 5,00 мл хлороформа. Аликвотную часть экстракта объёмом 2,0 мл упарили до небольшого объёма и количественно перенесли на хроматографическую пластинку. После хроматографического разделения сорбент из зоны, соответствующей атропину, удалили с пластинки и определяли атропин экстракционно-фотометрическим методом с помощью тропеолина 000-II. Оптическая плотность хлороформного экстракта, содержащего ионный ассоциат атропина с красителем, оказалась равной 0,405. Вычислите массу атропина, содержащуюся в 1 мл исследуемой настойки, если зависимость оптической плотности хлороформного экстракта от концентрации (мкг/мл) атропина в растворе 2 описывается уравнением  $A = 1,20 \cdot 10^{-2} C$ .

45. Раствор хинина в 0,05 M  $H_2SO_4$  с концентрацией растворённого вещества 0,40 мкг/мл имеет интенсивность флуоресценции 120 ед., а раствор с концентрацией этого вещества 0,60 мкг/мл - 170 ед. Какая масса (мкг) хинина содержится в 100 мл раствора, который в таких же условиях имеет интенсивность флуоресценции 140 ед?

46. Оптическая плотность этанольного раствора ретинола ( $M = 286,5$  г/моль) с концентрацией растворённого вещества  $8,57 \cdot 10^{-6}$  моль/л, находящегося в кювете с толщиной слоя 1,00 см, при 325 нм равна 0,450. Рассчитайте волновое число, частоту и энергию, соответствующие  $\lambda_{max}$  поглощения ретинола, а также значения его удельного и молярного коэффициентов поглощения при данной длине волны.

47. Оптическая плотность раствора с неизвестной концентрацией лекарственного вещества ( $M = 450$  г/моль), измеренная относительно раствора с концентрацией данного вещества 20,0 мкг/мл, равна 0,450.

Рассчитайте концентрацию (моль/л и мкг/мл) лекарственного вещества в исследуемом растворе, если молярный коэффициент поглощения его в условиях измерения оптической плотности равен  $4,50 \cdot 10^4$ . Все измерения проводили в кюветах с толщиной слоя 1,00 см.

48. Пробу объемом 1,00 мл раствора, содержащего этоний и хлорид натрия, разбавили водой до 100,0 мл. К 1,00 мл полученного раствора прибавили необходимое количество этанола, раствора эозина, буферного раствора и довели водой до 10,0 мл (раствор 2). Образовавшийся ионный ассоциат этония и эозина экстрагировали 10,0 мл  $\text{CHCl}_3$ . Интенсивность флуоресценции полученного хлороформного экстракта оказалась равной 60,0 ед. Определите концентрацию этония в исходном растворе (г/100 мл), если зависимость интенсивности флуоресценции хлороформных экстрактов от концентрации этония (мкг/мл) в растворе 2 описывается уравнением  $I = 63,0C - 3,0$ .

49. Оптическая плотность  $4,00 \cdot 10^{-5}$  М раствора рибофлавина, находящегося в кювете с толщиной слоя 1,00 см, при 445 нм равна 0,500. Рассчитайте волновое число, частоту и энергию, соответствующие  $\lambda_{\text{max}}$  поглощения рибофлавина, а также значения его удельного и молярного коэффициентов поглощения при данной длине волны. Молярная масса рибофлавина равна 376,4 г/моль.

50. Навеску массой 0,1010 г растёртых таблеток берберина бисульфата растворили в 0,1 М  $\text{HCl}$  в мерной колбе вместимостью 500,0 мл. После отстаивания измеряли оптическую плотность полученного раствора при 345 нм в кювете с толщиной слоя 1,00 см. Рассчитайте массу берберина бисульфата в расчёте на среднюю массу одной таблетки, если оптическая плотность полученного раствора оказалась равной 0,598. Уравнение градуировочного графика для берберина бисульфата имеет следующий вид:  $A = 5,80 \cdot 10^{-2}C$ , где  $C$  - концентрация берберина бисульфата в растворе (мкг/мл). Средняя масса одной анализируемой таблетки равна  $9,97 \cdot 10^{-2}$  г.

51. Навеску порошка растёртых таблеток массой  $7,75 \cdot 10^{-2}$  г, содержащих тиамин бромид, растворили в 0,01 М  $\text{HCl}$ , получив 100,0 мл раствора, который затем количественно разбавили водой в 10 раз. С 1,00 мл разбавленного раствора провели реакцию окисления гексацианоферратом (III) калия. Образовавшийся флуоресцирующий продукт экстрагировали изобутиловым спиртом. Интенсивность флуоресценции полученного экстракта, измеренная относительно контрольного опыта, оказалась равной 138 единиц. Рассчитайте массу тиамина бромида в 1 таблетке, если известно, что экстракт, полученный при проведении реакции окисления с 1,00 мл стандартного раствора тиамина бромида (1,00 мкг/мл), имеет в аналогичных условиях интенсивность флуоресценции 115 единиц. Масса 20 таблеток данной серии равна 2,0500 г.

52. Оптическая плотность раствора лекарственного вещества тиабендазола в 0,1 М НСl с концентрацией 4,00 мкг/мл, находящегося в кювете с толщиной слоя 1,00 см, при 302 нм равна 0,490. Рассчитайте волновое число, частоту и энергию, соответствующие  $\lambda_{\max}$  поглощения тиабендазола, а также значения его удельного и молярного коэффициентов поглощения при данной длине волны. Молярная масса тиабендазола равна 201,3 г/моль.

53. Навеску массой 0,0100 г образца, содержащего лекарственное вещество спиронолактон ( $M = 416,6$  г/моль) и не поглощающие в ближней УФ-области примеси, растворили в 100,0 мл метанола. Затем 10,00 мл полученного раствора перенесли в мерную колбу вместимостью 100,0 мл и довели метанолом до метки. Полученный раствор имел при 238 нм оптическую плотность 0,445, причём её измерение проводилось в кювете с толщиной слоя 10,00 мм. Рассчитайте массовую долю спиронолактона в образце, если молярный коэффициент поглощения данного вещества при 238 нм равен  $1,96 \cdot 10^4$ .

54. К пробе мочи объёмом 1,00 мл, содержащей лекарственное вещество офлоксацин, добавили 4,00 мл фосфатного буферного раствора и провели экстракцию определяемого вещества 5,00 мл хлороформа. Хлороформный экстракт количественно отделили от водной фазы, прибавили к нему 5,00 мл 0,1 М НСl и реэкстрагировали офлоксацин в водную фазу. Интенсивность флуоресценции реэкстракта оказалась равной 125 ед. Вычислите концентрацию офлоксацина (мкг/мл) в исследуемом образце, если раствор офлоксацина в 0,1 М НСl с концентрацией 1,00 мкг/мл имеет интенсивность флуоресценции 110 ед. Степень извлечения офлоксацина из мочи составляет 95%.

55. Оптическая плотность раствора эргокальциферола (витамина D<sub>2</sub>) в гексане с концентрацией 14,0 мкг/мл, находящегося в кювете с толщиной слоя 1,00 см, при 265 нм равна 0,685. Рассчитайте волновое число, частоту и энергию, соответствующие  $\lambda_{\max}$  поглощения эргокальциферола, а также значения его удельного и молярного коэффициентов поглощения при данной длине волны. Молярная масса эргокальциферола равна 396,7 г/моль.

56. Навеску массой 0,1052 г порошка растёртых таблеток кортизона ацетата ( $M = 402,5$  г/моль) растворили в 95% этаноле, получив 100,0 мл раствора. Затем 5,00 мл полученного раствора перенесли в мерную колбу вместимостью 100,0 мл и довели 95% этанолом до метки. Оптическая плотность полученного раствора при 238 нм, при измерении её в кювете с толщиной слоя 1,00 см, оказалась равной 0,495. Рассчитайте массу кортизона ацетата в расчёте на среднюю массу одной таблетки, если масса 20 анализируемых таблеток составляет 4,080 г. Молярный коэффициент поглощения кортизона ацетата при 238 нм равен  $1,57 \cdot 10^4$ .

57. Навеску массой 0,2000 г порошка растёртых таблеток рибофлавина растворили в горячей воде. Полученный раствор

количественно перенесли в мерную колбу вместимостью 500,0 мл, довели водой до метки, перемешали и профильтровали. Затем 10,0 мл фильтрата разбавили водой до 100,0 мл. Интенсивность флуоресценции полученного при этом раствора оказалась равной 120 ед. Интенсивность флуоресценции стандартного раствора с концентрацией рибофлавина 0,40 мкг/мл оказалась при таких же условиях измерения равной 110 ед. Затем к 10,0 мл исследуемого и стандартного растворов добавили по 0,1 г  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{NaHSO}_3$  и перемешали (рибофлавин при этом был превращён в нефлуоресцирующее соединение). После проведения данной операции интенсивность флуоресценции исследуемого раствора уменьшилась до 10 ед, а стандартного раствора - до 3 ед. Рассчитайте массу рибофлавина в расчёте на среднюю массу 1 таблетки, если масса 20 анализируемых таблеток была равна 3,990 г.

58. Навеску тестостерона энантата ( $M = 400,6$  г/моль) массой 0,0200 г растворили в безводном этаноле, получив 100,0 мл раствора. Аликвотную часть приготовленного раствора объёмом 5,00 мл разбавили безводным этанолом до 100,0 мл. Оптическая плотность полученного раствора при длине волны 241 нм в кювете с толщиной слоя 10,0 мм оказалась равной 0,420. Рассчитайте удельный и молярный коэффициенты поглощения тестостерона энантата при 241 нм.

59. Навеску массой 0,1082 г мази, содержащей декамин, поместили в коническую колбу, прибавили к ней 70 мл 1%  $\text{CaCl}_2$  и нагрели на водяной бане до расплавления мазевой основы. Затем остывший раствор количественно перенесли в мерную колбу вместимостью 100,0 мл и довели 1%  $\text{CaCl}_2$  до метки. Полученный раствор профильтровали через бумажный фильтр. Оптическая плотность полученного фильтрата при 240 нм в кювете с толщиной слоя 1,00 см оказалась равной 0,425. Рассчитайте массовую долю декамина в анализируемом образце мази, если раствор декамина в 1%  $\text{CaCl}_2$  с концентрацией растворённого вещества 5,0 мкг/мл в данных условиях имеет оптическую плотность 0,380.

60. Раствор ломефлоксацина с концентрацией растворённого вещества 0,80 мкг/мл имеет интенсивность флуоресценции 100 ед., а раствор с концентрацией этого вещества 1,20 мкг/мл - 140 ед. Сколько ломефлоксацина (мкг) содержится в 100,0 мл раствора, который в таких же условиях имеет интенсивность флуоресценции 125 ед?

60. Молярный коэффициент поглощения аскорбиновой кислоты ( $M = 176,1$  г/моль) при 245 нм равен  $7,50 \cdot 10^3$ . Рассчитайте удельный коэффициент поглощения аскорбиновой кислоты при данной длине волны. При какой концентрации аскорбиновой кислоты (моль/л, мкг/мл) оптическая плотность раствора, находящегося в кювете с толщиной 1,00 см, при 245 нм будет равна 0,025?

61. Раствор с концентрацией цианокобаламина ( $M = 1355,4$  г/моль) 20,0 мкг/мл, находящийся в кювете с толщиной слоя 10,00 мм, имеет при 361 нм оптическую плотность 0,414. Рассчитайте молярный и

удельный коэффициент поглощения цианкобаламина при данной длине волны.

62. Пробу массой 0,1100 г образца субстанции рифампицина растворили в метаноле, получив 100,0 мл раствора. Аликвотную часть приготовленного раствора объёмом 2,00 мл разбавили до 100,0 мл фосфатным буферным раствором. Оптическая плотность полученного раствора при 475 нм и толщине поглощающего слоя 10,0 мм оказалась равной 0,400. Рассчитайте массовую долю рифампицина в препарате, если удельный коэффициент поглощения его при данной длине волны равен 187.

63. Оптическая плотность раствора с неизвестной концентрацией эозина, измеренная относительно имеющего такое же значение pH раствора с концентрацией эозина  $2,0 \cdot 10^{-5}$  моль/л равна 0,760. Рассчитайте молярную концентрацию эозина в исследуемом растворе, если молярный коэффициент поглощения его в условиях измерения оптической плотности равен  $9,50 \cdot 10^4$ , а все измерения проводили в кюветах с толщиной слоя 1,00 см.

64. Раствор хинина в 0,05 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с концентрацией растворённого вещества 0,40 мкг/мл имеет интенсивность флуоресценции 120 ед., а раствор с концентрацией этого вещества 0,60 мкг/мл - 170 ед. Какова масса (мкг) хинина, содержащегося в 100,0 мл раствора, который в таких же условиях имеет интенсивность флуоресценции 140 ед?

65. Раствор с неизвестной концентрацией фолиевой кислоты имеет интенсивность флуоресценции 100 ед, при добавлении к данному раствору 10,0 мкг фолиевой кислоты интенсивность флуоресценции раствора стала равной 150 ед. Рассчитайте массу фолиевой кислоты, содержащейся в исходном растворе.

## ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

67. Что такое хроматография? Приведите классификацию хроматографических методов в зависимости от агрегатного состояния подвижной фазы, геометрической формы неподвижной фазы, от характера явлений, лежащих в основе хроматографического разделения, цели выполнения.

68. Объясните принцип работы пламенно-ионизационного и термоионного детекторов. Для обнаружения каких веществ могут быть использованы данные детекторы?

69. Объясните принцип работы детектора электронного захвата. Для обнаружения каких веществ он используется?

70. Опишите основные этапы получения плоскостной хроматограммы.

71. Тонкослойная хроматография, как правило, используется для обнаружения и идентификации веществ. Однако в некоторых случаях её

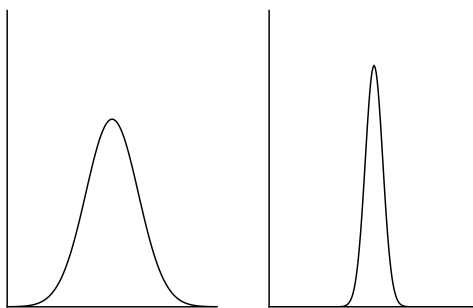
применяют и в количественном анализе. Опишите, каким образом можно выполнить количественное определение вещества методом ТСХ.

72. Приведите основные положения теории теоретических тарелок?

73. Изобразите схему газового хроматографа и объясните принцип его работы.

74. Что такое сефадекс? Как называется хроматографический метод, в котором применяется данное вещество? Что является неподвижной и подвижной фазой в данном хроматографическом методе и какой принцип лежит в основе разделения веществ в данном хроматографическом методе?

75. Что такое «теоретическая тарелка»? Как можно рассчитать число теоретических тарелок, высоту эквивалентную теоретической тарелке? На рисунке приведены хроматограммы для вещества А на двух различных колонках. Для какой из колонок высота эквивалентная теоретической тарелке меньше? Размерность оси абсцисс в обоих случаях одинакова.



76. Что такое ионообменник? Напишите структурную формулу элементарного звена сильноосновного и слабоосновного анионообменника. Что такое ионообменное равновесие? Какие константы используют для его характеристики?

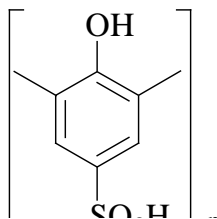
77. Что такое проявительная, вытеснительная и фронтальная хроматография. Нарисуйте примерные внешние хроматограммы для данных методов хроматографического разделения. Какой из них и почему обычно используют в количественном хроматографическом анализе?

78. Опишите основные характеристики хроматографического удерживания веществ.

79. Что такое газотвёрдофазная хроматография? Приведите примеры сорбентов, используемых в данном методе анализа.

80. Что такое высокоэффективная жидкостная хроматография и чем она отличается от «классического» варианта жидкостной хроматографии?

81. Приведите примеры и напишите химические формулы неполярных и полярных неподвижных жидких фаз, используемых в газожидкостной хроматографии.



82. Вещество, формула которого приведена рядом, используется в качестве неподвижной фазы в одном из видов жидкостной хроматографии. Как называется такой вид хроматографии? Опишите основные этапы определения концентрации NaCl в водном растворе с использованием такого хроматографического метода.

83. Какие хроматографические характеристики используют в качестве аналитического сигнала при количественном определении веществ? Что такое метод нормализации и метод внутреннего стандарта?

84. Что такое насадочная (набивная) и капиллярная колонка? Почему хроматографические колонки, используемые в газовой хроматографии, обычно имеют спиралевидную форму, в то время как колонки, используемые в ВЭЖХ - прямые?

85. Опишите принцип работы детекторов, наиболее часто используемых в жидкостных хроматографах.

86. Что такое коэффициент разделения ( $\alpha$ ) и разрешение ( $R_s$ )? Почему разделение пиков считается полным, когда  $R_s \geq 1,5$ ?

87. Что такое индекс удерживания Ковача? Как проводится определение индексов удерживания в газовой хроматографии? Чему равна величина индекса удерживания для додекана?

88. Что такое ионная хроматография? Какими свойствами должны обладать сорбенты, используемые в этом методе анализа? Объясните принцип двухколоночной ионной хроматографии.

89. Согласно кинетической теории хроматографии размывание хроматографических пиков обусловлено одновременным действием трёх независимых друг от друга процессов. Охарактеризуйте данные процессы.

90. Какие вещества используют в качестве носителей неподвижной жидкой фазы в ГЖХ? Какие требования предъявляются к ним? Зачем проводится их обработка кремнийорганическими соединениями, например диметилхлорсиланом?

91. Приведите схему жидкостного хроматографа и объясните принцип его работы.

92. Что такое внутренняя и внешняя хроматограмма? Дайте определение понятиям «нулевая линия», «хроматографический пик», «основание пика», «ширина пика», «высота пика», «ширина пика на половине высоты».

93. Какие вещества используют в качестве подвижной фазы в газовой хроматографии? Какие требования предъявляются к данным веществам?

94. Что такое ион-парная хроматография?

95. Приведите график зависимости высоты эквивалентной теоретической тарелки от линейной скорости подвижной фазы для газовой хроматографии (насадочная колонка) и объясните его.

96. Объясните принцип работы детектора по теплопроводности (катарометра). Почему при использовании данного детектора газом-носителем должен быть гелий или водород, но не азот?

97. Какой должна быть высота эквивалентная теоретической тарелке (мм), чтобы в колонке длиной 150 см ширина пика для вещества со временем удерживания 5,00 мин была бы равна 20,0 сек.

98. Определение высших жирных кислот в рапсовом масле проводили по следующей методике: пробу масла объёмом 1,50 мл растворили в 5,0 мл бензина. К полученному раствору прибавили 0,2 мл 2 М  $C_2H_5ONa$  в абсолютном этаноле. Смесь перемешивали в течение 2-х минут и затем полученные этиловые эфиры высших жирных кислот анализировали методом ГЖХ. При этом были получены следующие данные:

Кислота	S(пика), усл.единиц
пальмитиновая	550
стеариновая	2520
олеиновая	450
линолевая	1000
арахидоновая	500
эруковая	480

Рассчитайте массовую долю эруковой кислоты в смеси высших жирных кислот и определите, может ли данный образец масла быть использован для производства маргарина (массовая доля эруковой кислоты не должна превышать 5%).

99. При стандартизации раствора  $NaOH$  навеску  $NaCl$  массой 0,7520 г растворили в воде в мерной колбе вместимостью 100,0 мл. Затем 10,00 мл полученного раствора пропустили со скоростью 3 мл/мин через колонку с катионообменником КУ-2 в  $H^+$ -форме, после чего промыли колонку водой до нейтральной реакции. Промывные воды присоединили к элюату. Для титрования полученной смеси потребовалось 14,25 мл стандартизуемого раствора  $NaOH$ . Определите молярную концентрацию  $NaOH$  в данном растворе.

100. Расстояния от точки, соответствующей вводу пробы, до максимума хроматографического пика, соответствующего веществу А, равно 88,0 мм. Рассчитайте исправленное время удерживания и исправленный удерживаемый объём для вещества А, если скорость движения диаграммной ленты равна 240 см/час, время удерживания несорбируемого компонента - 15 секунд, а объёмная скорость подвижной фазы (газа-носителя) - 31,6 мл/мин.

101. Рассчитайте индекс удерживания Ковача для неизвестного лекарственного вещества, исправленное время удерживания которого равно 298 секунд, если исправленное время удерживания гексадекана в данных условиях равно 170 секунд, а гептадекана - 325 секунд. Выберите из перечисленных веществ то, индекс удерживания которого ближе всего



подходит к индексу удерживания неизвестного вещества: ибупрофен 1631, дипиридабол 1640, промедол 1652, изониазид 1670, парацетамол 1687.

102. Динамическая ёмкость некоторого сильнокислотного катионообменника составляет 4,5 ммоль/г. Какой максимальный объём раствора с концентрацией NaCl 10,0 г/л можно пропустить через колонку, в которой находится 5,0 г такого ионообменника в  $H^+$ -форме, чтобы все ионы  $Na^+$  заместились на ионы  $H^+$ ?

103. Расстояния от точки, соответствующей вводу пробы, до максимума хроматографического пика, соответствующего веществу X, равно 97,0 мм. Рассчитайте исправленное время удерживания, исправленный удерживаемый объём и коэффициент ёмкости для вещества X, если скорость движения диаграммной ленты равна 240 см/час,  $t_m = 20$  сек, а объёмная скорость подвижной фазы - 32,0 мл/мин.

104. Навеску образца ноотропила массой 0,1000 г растворили в воде, получив 250,0 мл раствора. Затем 1,0 мкл полученного раствора вводили в испаритель хроматографа и определяли методом ГЖХ. Рассчитайте массовую долю ноотропила в исследуемом образце, если при введении в хроматограф полученного раствора площадь пика, соответствующего ноотропилу, оказалась равной 160 мм<sup>2</sup>, а при введении 1,0 мкл раствора с концентрацией ноотропила 500 мкг/мл - 219 мм<sup>2</sup>.

105. При хроматографировании атропина на хроматографической пластинке «Сорбфил» были получены следующие результаты: расстояние от линии старта до центра пятна - 49,6 мм, расстояние от линии старта до нижней границы пятна - 46,8 мм, расстояние от нижней до верхней границы пятна - 5,6 мм. Расстояние между линией старта и линией фронта растворителя равно 90,0 мм. Рассчитайте  $R_f$  атропина и число теоретических тарелок.

106. Рассчитайте разрешение пиков двух веществ, имеющих  $t_R$  120 и 140 секунд при их хроматографическом разделении в колонке, имеющей эффективность 1500 теоретических тарелок.

107. При количественном анализе смеси метана, этана, пропана и бутана с использованием катарометра была получена хроматограмма, на которой площади пиков, соответствующих данным веществам, были равны 490, 280, 110 и 90 мм<sup>2</sup>. Рассчитайте массовые доли компонентов в анализируемой смеси, если массовые поправочные коэффициенты для детектора по теплопроводности составляют для пропана и бутана - 0,68, для этана - 0,59, а для метана - 0,45.

108. Навеску массой 0,4930 г образца гранулята антигельминтного лекарственного вещества фенбендазола поместили в мерную колбу вместимостью 50,0 мл, растворили в 10 мл диметилформамида и довели ацетонитрилом до метки. Аликвотную часть приготовленного раствора объёмом 5,00 мл перенесли в мерную колбу вместимостью 50,0 мл и довели до метки подвижной фазой, используемой при дальнейшем

ВЭЖХ-определении. При хроматографировании 5,00 мкл полученного раствора был получен пик фенбендазола, имеющий площадь 7670 ед. При хроматографировании в таких же условиях 5,00 мкл стандартного раствора фенбендазола (100 мкг/мл) площадь соответствующего пика оказалась равной 11600 ед. Рассчитайте массовую долю фенбендазола в образце. Соответствует ли данный образец требованиям ТУ (допустимое содержание фенбендазола 9,5 – 10,5%).

109. Время удерживания вещества равно 1,50 минуты, ширина хроматографического пика – 10 секунд, длина колонки – 1,00 м. Рассчитайте число теоретических тарелок и высоту эквивалентную теоретической тарелке (мм).

110. При газохроматографическом определении этилового спирта в крови в виде этилнитрита с использованием *n*-пропилового спирта (*n*-пропилнитрита) в качестве внутреннего стандарта на полученной хроматограмме высота пика, соответствующего этилнитриту, оказалась равной 105,0 мм, а *n*-пропилнитриту 88,0 мм. Рассчитайте концентрацию (г/л) этанола в исследуемом образце крови, если зависимость отношения высот пиков ( $K_h$ ) этилнитрита и пропилнитрита от концентрации этанола в образце (г/л) описывается уравнением:  $K_h = 0,45C + 0,12$ .

111. Навеску сильнокислотного катионообменника в  $H^+$ -форме массой 2,45 г поместили в колонку. Затем через неё пропустили 200 мл 1 М NaCl и промыли водой до нейтральной реакции. Элюат и промывные воды собрали в мерную колбу вместимостью 500,0 мл. Для титрования 50,0 мл полученного раствора потребовалось 10,00 мл 0,1000 М NaOH. Определите динамическую ёмкость катионообменника (ммоль/г).

112. Время удерживания вещества равно 200 секунд, ширина хроматографического пика на половине высоты – 3,5 мм, длина колонки – 1,00 м, скорость газа-носителя – 30 мл/мин, скорость движения диаграммной ленты – 600 мм/час. Рассчитайте величины удерживаемого объёма и высоты эквивалентной теоретической тарелке (мм).

113. Рассчитайте индекс удерживания Ковача для неизвестного лекарственного вещества, исправленное время удерживания которого равно 248 секунд, если исправленное время удерживания гексадекана в данных условиях равно 170 секунд, а гептадекана - 325 секунд. Выберите из перечисленных веществ то, индекс удерживания которого ближе всего подходит к индексу удерживания неизвестного вещества: ибупрофен 1631, дипиридамол 1640, промедол 1652, изониазид 1670, парацетамол 1687.

114. Пробу мочи объёмом 5,00 мл, содержащей берберин, пропустили через сорбционный патрон, содержащий 0,1 г сорбента. После промывания и высушивания сорбента берберин количественно десорбировали 0,50 мл смеси 0,03 М  $KH_2PO_4$  с ацетонитрилом (6:4). Полученный элюат анализировали методом ВЭЖХ. Рассчитайте концентрацию берберина в анализируемом образце мочи (нг/мл), если зависимость площади пика ( $S$ , ед. оптической плотности·сек) от

концентрации берберина в растворе (мкг/мл) описывается уравнением  $S = 0,412C$ , а при хроматографировании берберина, содержавшегося в анализируемом образце мочи, был получен пик с  $S = 0,950$ .

115. При определении лекарственного вещества методом ВЭЖХ были получены следующие данные:  $t_R = 5,32$  мин,  $w_{0,5} = 3,2$  мм. Рассчитайте значения  $N$  и  $H$ , если скорость движения диаграммной ленты составляет 6,0 мм/мин, а длина колонки - 64 мм.

116. При хроматографировании димедрола были получены следующие результаты: расстояние от линии старта до центра пятна - 56,5 мм, расстояние от линии старта до нижней границы пятна - 54,1 мм, расстояние от нижней до верхней границы пятна - 4,8 мм. Расстояние между линией старта и линией фронта растворителя равно 90,0 мм. Рассчитайте  $R_f$  димедрола и число теоретических тарелок.

117. Определение пестицида метафоса в лекарственном растительном сырье проводили по следующей методике. Навеску высушенного сырья массой 50,00 г поместили в колбу и прибавили к ней 50 мл ацетона и 20 мл воды. Полученную смесь встряхивали в течение 1 часа, затем выдерживали на холоду в течение 30 минут и фильтровали, после чего ацетон упаривали. Из оставшейся водной фазы метафос экстрагировали хлороформом. Экстракт сушили и упаривали досуха, сухой остаток растворяли в 1,00 мл ацетона и затем 1,0 мкл полученного ацетонового раствора вводили в испаритель хроматографа. Рассчитайте массу метафоса, содержащегося в 100 г исследуемого растительного сырья, если площадь пика, соответствующего метафосу, на полученной хроматограмме оказалась равной 900 ед. При введении в хроматограф 1,0 мкл ацетонового раствора с концентрацией метафоса 50,0 нг/мл площадь пика была равна 608 ед, а при введении такого же объема раствора с концентрацией 100,0 нг/мл - 1300 ед. Степень извлечения метафоса из растительного сырья составляет 60%.

118. Значение коэффициента ёмкости колонки для вещества А равно 4,50, а для вещества В - 6,50. Рассчитайте величины исправленных удерживаемых объемов для данных веществ, если величина «мёртвого объема» равна 90 мкл. Чему равен коэффициент разделения данных веществ?

119. Пробу мочи объемом 5,00 мл, содержащей аминазин, пропускали через сорбционный патрон. Сорбент отмывали от посторонних веществ и количественно элюировали аминазин водно-ацетоновым раствором NaBr. Элюат упаривали досуха и растворяли в 0,50 мл раствора бромгексина (внутреннего стандарта) и анализировали методом ГЖХ. Рассчитайте концентрацию аминазина (мкг/мл) в исследуемом образце мочи, если на полученной хроматограмме пик, соответствующий данному веществу, имел площадь 9350 ед., а пик, соответствующий бромгексину - 35800 ед. Зависимость концентрации (мкг/мл) аминазина в конечном растворе, вводимом в испаритель

хроматографа, от соотношения площадей ( $K_S$ ) пиков аминазина и бромгексина описывается уравнением:  $C = 25,8K_S + 1,2$ .

120. Рассчитайте значение разрешения ( $R_S$ ) для хлоридов тетраэтиламмония и тетрабутиламмония при их разделении методом ТСХ, если при выбранных условиях хроматографирования расстояние между центрами пятен данных веществ равно 6,3 мм, а расстояния между верхней и нижней границами пятна - 4,3 мм для одного вещества и 4,1 мм для другого.

121. Время удерживания вещества равно 3 мин 20 сек. Рассчитайте  $V'_R$  и  $k'$  для данного вещества, если скорость подвижной фазы равна 80 мкл/мин, а величина «мёртвого объёма» - 90 мкл. Сколько теоретических тарелок должна иметь хроматографическая колонка, чтобы ширина пика данного вещества была бы равна 20 секунд?

122. Рассчитайте значение логарифмического индекса удерживания Ковача для неизвестного соединения, если в условиях газохроматографического определения его исправленное время удерживания составляет 4,5 минуты. Исправленные времена удерживания *n*-нонана и *n*-декана в данных условиях равны 3,4 и 4,7 минуты.

123. Тауродезоксихолевую кислоту, содержащуюся в 0,50 мл пробы плазмы крысы, количественно экстрагировали 0,50 мл этилацетата. Полученный экстракт упарили досуха, сухой остаток растворили в 1 капле этилацетата и полностью перенесли на хроматографическую пластинку. После хроматографирования площадь полученного пятна оказалась равной 62 мм<sup>2</sup>. Рассчитайте концентрацию тауродезоксихолевой кислоты (мкг/мл) в исследуемом образце плазмы. Зависимость десятичного логарифма площади пятна (мм<sup>2</sup>) от логарифма массы тауродезоксихолевой кислоты в пятне (нг) описывается уравнением:  $\lg S = 0,72 \lg m + 0,05$ .

нализируемом растворе.

124. Какой должна быть высота эквивалентная теоретической тарелке (мм), чтобы в колонке длиной 100 см ширина пика на половине высоты для вещества со временем удерживания 3,00 мин была бы равна 10,0 сек.

125. Навеску массой 0,250 г печени крысы, содержащей лекарственное вещество прозерин, растирали с сорбентом. Полученную смесь помещали в колонку для сорбции, отмывали от посторонних веществ и затем количественно элюировали прозерин с сорбента. Элюат выпаривали досуха, сухой остаток растворяли в 0,25 мл раствора лидокаина, используемого в качестве внутреннего стандарта, и определяли методом ГЖХ. Рассчитайте массу прозерина (мкг), содержавшегося в 1 г исследуемого образца печени крысы, если на полученной хроматограмме пик, соответствующий прозерину, имел высоту 69,0 мм, а пик, соответствующий лидокаину - 35,5 мм. Зависимость концентрации (мкг/мл) прозерина в конечном растворе,

вводимом в испаритель хроматографа, от соотношения высот ( $K_h$ ) пиков прозерина и лидокаина описывается в условиях проведения анализа уравнением:  $C = 2,65K_h + 0,10$ .

126. Навеску сильнокислотного катионообменника в  $H^+$ -форме массой 2,52 г поместили в колонку. Затем через неё пропустили 200 мл 1 М NaCl и промыли водой до нейтральной реакции. Элюат и промывные воды собрали в мерную колбу вместимостью 500,0 мл. Для титрования 25,00 мл полученного раствора потребовалось 10,00 мл  $5,022 \cdot 10^{-2}$  М NaOH. Определите динамическую ёмкость катионообменника (ммоль/г).

127. Какой должна быть высота эквивалентная теоретической тарелке (мм), чтобы в колонке длиной 200 см ширина пика на половине высоты для вещества со временем удерживания 5,00 мин была равна 15,0 сек?

128. Рассчитайте значение логарифмического индекса удерживания Ковача для неизвестного соединения, если в условиях газохроматографического определения его исправленное время удерживания составляет 4,2 минуты. Исправленные времена удерживания *n*-нонана и *n*-декана в данных условиях равны 3,5 и 4,8 минуты.

129. Пробу массой 0,1000 г образца субстанции ноотропила растворили в воде, получив 250,0 мл раствора. Затем 1,0 мкл полученного раствора вводили в испаритель хроматографа и определяли методом ГЖХ. Рассчитайте массовую долю ноотропила в исследуемом образце, если при введении в хроматограф полученного раствора площадь пика, соответствующего ноотропилу, оказалась равной 160 мм<sup>2</sup>, а при введении 1,0 мкл раствора с концентрацией ноотропила 500 мкг/мл - 219 мм<sup>2</sup>.

130. Рассчитайте значение разрешения для хлоридов тетраэтиламмония и тетрабутиламмония при их разделении методом ТСХ, если при выбранных условиях хроматографирования расстояние между центрами пятен данных веществ равно 6,4 мм, а расстояния между верхней и нижней границами пятна - 4,4 мм для одного вещества и 4,0 мм для другого.

131. Динамическая ёмкость некоторого сильнокислотного катионообменника составляет 5,0 ммоль/г. Какой максимальный объём раствора с концентрацией NaCl 9,0 г/л можно пропустить через колонку, в которой находится 5,0 г такого ионообменника в  $H^+$ -форме, чтобы все ионы  $Na^+$  заместились на ионы  $H^+$ ?

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

132. Какие методы анализа называют электрохимическими? Что такое электрохимическая ячейка, электрод? Какую функцию выполняют индикаторный электрод и электрод сравнения?

133. Что такое ионометрия? Какие методы расчёта концентрации вещества в данном методе анализа Вам известны?

134. Каким образом можно определить количество электричества, прошедшее через ячейку, в потенциостатической кулонометрии? Что такое кулонометр? Приведите примеры и объясните принцип работы гравиметрического, газового и титрационного кулонометров.

135. Почему нижняя граница определяемых концентраций в классической полярографии составляет  $10^{-5}$  М? Как можно уменьшить данную величину? Что такое дифференциальная импульсная вольтамперометрия и вольтамперометрия с быстрой развёрткой потенциала?

136. Опишите классификацию электрохимических методов анализа по IUPAC и в зависимости от измеряемого параметра.

137. Что такое потенциометрическое титрование? Объясните принцип обнаружения конечной точки титрования по кривой потенциометрического титрования, а также по её первой и второй производной.

138. Объясните принцип измерения аналитического сигнала в кондуктометрии.

139. Что такое амперометрическое титрование? Приведите (схематично) возможный вид кривых амперометрического титрования раствора и объясните их.

140. Изобразите графически полярограмму. Что такое остаточный ток, полярографическая волна, потенциал полуволны, предельный ток, диффузионный ток? Какой из перечисленных параметров используется в количественном анализе и как он связан с концентрацией электроактивного вещества?

141. Что такое высокочастотная кондуктометрия? Какое устройство имеет электрохимическая ячейка, используемая в данном методе анализа? Какими преимуществами обладает высокочастотная кондуктометрия перед низкочастотной?

142. Что такое вольтамперометрический метод анализа и какая его разновидность называется полярографией? Опишите принцип измерения аналитического сигнала в полярографическом методе анализа?

143. Каким образом можно получать титрант в кулонометрическом титровании? Какими преимуществами обладает кулонометрическое титрование перед другими титриметрическими методами анализа?

144. Опишите принцип измерения аналитического сигнала в потенциометрических методах анализа.

145. Как называется электрохимический метод анализа, в котором электрохимическая ячейка работает в режиме электролитической ячейки, сила тока постоянна, а аналитическим сигналом является время, необходимое для получения путём электролиза реагента в количестве эквивалентном количеству определяемого вещества? Приведите примеры практического применения данного метода анализа.

146. Опишите устройство и принцип работы стеклянного рН-чувствительного электрода. Какую операцию необходимо провести со

стеклянным электродом, который хранился в сухом виде? Почему данный электрод перед работой необходимо градуировать по стандартным буферным растворам? Чем обусловлена погрешность измерения рН с помощью стеклянного электрода в сильноокислых ( $\text{pH} < 0$ ) и щелочных ( $\text{pH} > 10-11$ ) растворах?

147. Что такое инверсионная вольтамперометрия? Из каких стадий состоит процесс определения веществ данным методом? Какие электроды используются в качестве индикаторных? Назовите основное преимущество инверсионной вольтамперометрии по сравнению с обычной.

148. Что такое поляризация? Какие причины вызывают концентрационную и кинетическую поляризацию? Объясните, почему в вольтамперометрии недопустимо перемешивание раствора, находящегося в ячейке? Почему в кулонометрии в качестве катода предпочтительнее использовать ртутный электрод, а в качестве анода – платиновый?

149. Что такое кондуктометрическое титрование? Приведите (схематично) внешний вид кривой кондуктометрического титрования раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$  раствором  $\text{NaOH}$  и объясните его.

150. Что такое ионоселективные электроды? Объясните общий принцип их работы? Какие ионоселективные электроды, согласно IUPAC, называются первичными? Что такое электроды с подвижными носителями и сенсibilизированные электроды?

151. Объясните принцип амперометрического титрования с двумя индикаторными электродами.

161. При потенциометрическом титровании 25,0 мл раствора фосфата натрия 0,2000 М  $\text{HCl}$  были получены следующие результаты:

V, мл	1, 70	1, 80	1, 90	2, 00	2, 10	2, 20	2, 30	2, 40	2, 50
рН	11, 5	11, 0	10, 8	10, 5	10, 1	9, 6	8, 7	8, 2	8, 0

Постройте кривую титрования, её первую и вторую производные. Рассчитайте молярную концентрацию фосфата натрия в анализируемом растворе.

152. Определение аскорбиновой кислоты проводили кулонометрическим методом путём окисления её до дегидроаскорбиновой кислоты. Рассчитайте массу аскорбиновой кислоты ( $M = 176,13$  г/моль) в растворе, если за время, необходимое для её окисления, в газовом кулонометре образовалось 14,50 мл (в пересчёте на н.у.) смеси водорода и кислорода. При нормальных условиях 1 Кл прошедшего электричества вызывает образование в газовом кулонометре 0,1793 см<sup>3</sup> смеси водорода и кислорода.

153. Для получения иода, необходимого для взаимодействия с  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , содержащимся в 20,0 мл исследуемого раствора, потребовалось  $1,95 \cdot 10^2$  Кл электричества. Рассчитайте титр данного раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

154. Пробу объемом 2,00 мл раствора никотинамида поместили в мерную колбу вместимостью 50,0 мл и довели водой до метки. Затем 3,00 мл приготовленного раствора перенесли в мерную колбу вместимостью 25,0 мл, прибавили 12,5 мл 0,2 М КОН и довели объем раствора водой до метки. Полученный раствор поместили в полярографическую ячейку и, создав необходимые условия, провели полярографическое определение никотинамида. Рассчитайте массу данного вещества (г), содержащуюся в 1 мл исходного раствора, если высота полярографической волны для исследуемого раствора оказалась равной 34,5 мм, для раствора с концентрацией никотинамида 40,0 мкг/мл – 25,0 мм, а для раствора с концентрацией 60,0 мкг/мл – 41,5 мм.

155. Определение фенола в пробе сточной воды проводили методом кулонометрического титрования по реакции образования трибромфенола с бромом, генерированным из  $\text{KBr}$ . Рассчитайте массу фенола (мг), содержавшегося в анализируемой пробе, если электролиз проводили током силой 75,0 мА в течение 5 минут 30 секунд.

156. При потенциометрическом титровании 25,00 мл раствора слабой одноосновной кислоты 0,1990 М КОН были получены следующие результаты:

V, мл	1, 00	1, 50	1, 70	1, 80	1, 90	2, 00	2,1 0	2,2 0	2,3 0
pH	5, 05	5, 45	5, 79	5, 98	6, 30	8, 63	10, 89	11, 23	11, 40

Постройте кривую титрования данной кислоты, а также её первую и вторую производные. Рассчитайте молярную концентрацию кислоты в анализируемом растворе.

157. Навеску массой 1,0190 г порошка растёртых таблеток фолиевой кислоты растворили в 0,05 М  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и довели объем раствора до 50,0 мл 0,1 М  $\text{NH}_4\text{Cl}$  в 30%-ном этаноле. Полученный раствор профильтровали, фильтрат поместили в полярографическую ячейку и, создав необходимые условия, провели полярографическое определение фолиевой кислоты. Рассчитайте массу данного вещества (мг) в расчёте на среднюю массу одной таблетки, если высота полярографической волны для фильтрата оказалась равной 42,0 мм, а для раствора фолиевой кислоты с концентрацией 200 мкг/мл – 39,0 мм. Масса 20 анализируемых таблеток равна 2,000 г.

158. Определение ионов цинка в растворе проводили методом кулонометрического титрования с потенциометрическим обнаружением конечной точки титрования. В качестве титранта использовались ионы ЭДТА, генерируемые из комплекса  $\text{HgNH}_3\text{Y}^{2-}$  (в процессе участвуют два



электрона). Вычислите массу (мкг) цинка в растворе, если титрование проводилось при силе тока 4,5 мА в течение 93 секунд.

159. При потенциометрическом титровании 20,0 мл раствора слабой одноосновной кислоты 0,2000 М NaOH были получены следующие результаты:

V, мл	1, 00	1, 50	1, 70	1, 80	1, 90	2, 00	2,1 0	2,2 0	2,3 0
pH	5, 02	5, 47	5, 77	5, 96	6, 29	8, 65	10, 90	11, 25	11, 44

Постройте кривую титрования данной кислоты, а также её первую и вторую производные. Рассчитайте молярную концентрацию кислоты в анализируемом растворе.

160. Определение аскорбиновой кислоты проводили кулонометрическим методом путём окисления её до дегидроаскорбиновой кислоты. Рассчитайте массу аскорбиновой кислоты ( $M = 176,13$  г/моль) в растворе, если за время, необходимое для её окисления, в медном кулонометре масса катода увеличилась на 33,0 мг. Молярную массу меди считать равной 63,55 г/моль.

## РАЗДЕЛ 2. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

### 1. Спектрометрические методы анализа

Оптическая плотность раствора верапамила гидрохлорида ( $M = 491,1$  г/моль) с концентрацией растворённого вещества  $7,00 \cdot 10^{-5}$  моль/л, находящегося в кювете с толщиной слоя  $1,00$  см, при  $278$  нм равна  $0,413$ . Рассчитайте волновое число, частоту и энергию, соответствующие  $\lambda_{\max}$  поглощения верапамила гидрохлорида, а также значения его удельного и молярного коэффициентов поглощения при данной длине волны.

$$\text{волновое число} - \bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{2,78 \cdot 10^{-5} \text{ см}} = 3,60 \cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$$

$$\text{частота} - \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,00 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{2,78 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = 1,08 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$$

энергия (1 моль фотонов) –

$$E = h\nu N_A = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 1,08 \cdot 10^{15} \text{ Гц} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 431 \text{ кДж/моль}$$

молярный коэффициент поглощения –

$$\varepsilon = \frac{A}{C \cdot \ell} = \frac{0,413}{7,00 \cdot 10^{-5} \cdot 1,00} = 5,90 \cdot 10^3$$

удельный коэффициент поглощения -

$$A_{1\text{см}}^{\%} = \frac{10\varepsilon}{M} = \frac{10 \cdot 5,90 \cdot 10^3}{491,1} = 120$$

Навеску массой  $0,1587$  г порошка растёртых таблеток ципрофлоксацина гидрохлорида растворили в  $0,1$  М HCl, получив  $250,0$  мл раствора. Необходимое количество раствора профильтровали через бумажный фильтр. Фильтрат объёмом  $1,00$  мл поместили в мерную колбу вместимостью  $100,0$  мл и довели  $0,1$  М HCl до метки. Оптическая плотность полученного раствора при  $278$  нм в кювете толщиной  $1,00$  см оказалась равной  $0,455$ . Рассчитайте массу ципрофлоксацина гидрохлорида в расчёте на среднюю массу одной таблетки. Градуировочный график описывается уравнением  $A = 0,123C$ , где  $C$  - концентрация ципрофлоксацина гидрохлорида в растворе (мкг/мл). Средняя масса одной таблетки равна  $0,4122$  г.

Концентрация ципрофлоксацина гидрохлорида в конечном растворе составляет

$$C = \frac{0,455}{0,123} = 3,70 \text{ мкг/мл}$$

Масса ципрофлоксацина гидрохлорида в расчёте на среднюю массу одной таблетки равна

$$m = \frac{C \cdot 10^{-6} \cdot 100,0 \cdot 250,0 \cdot \bar{m}}{1,00 \cdot g} =$$
$$\frac{3,70 \cdot 10^{-6} \cdot 100,0 \cdot 250,0 \cdot 0,4122}{0,1587} = 0,240 \text{ г}$$

## 2. Хроматографические методы анализа

Время удерживания вещества равно 5 мин 15 сек. Рассчитайте величину исправленного удерживаемого объёма для данного вещества, если скорость подвижной фазы равна 100 мкл/мин, а величина «мёртвого объёма» - 90 мкл. Сколько теоретических тарелок должна иметь хроматографическая колонка, чтобы ширина пика вещества была бы равна 45 секунд?

Величина исправленного удерживаемого объёма составляет

$$V'_R = t_R \cdot F - V_m = 5,25 \cdot 100 - 90 = 435 \text{ мкл}$$

Число теоретических тарелок связано с временем удерживания и шириной пика уравнением

$$N = 16 \left( \frac{t_R}{w} \right)^2, \text{ следовательно, } N = 16 \left( \frac{315}{45} \right)^2 = 784 \text{ тарелки}$$

Навеску образца ноотропила массой 0,1025 г растворили в воде, получив 250,0 мл раствора. Затем 1,0 мкл раствора вводили в испаритель хроматографа и анализировали методом ГЖХ. Рассчитайте массовую долю ноотропила в образце, если при введении в хроматограф полученного раствора площадь пика, соответствующего ноотропилу, оказалась равной 278 мм<sup>2</sup>, при введении 1,0 мкл раствора с концентрацией ноотропила 300 мкг/мл - 219 мм<sup>2</sup>, а при введении 1,0 мкл с концентрацией данного вещества 500 мкг/мл – 345 мм<sup>2</sup>.

Для расчёта концентрации ноотропила использован метод двух стандартных растворов

$$C_x = \frac{C_1(S_2 - S_x) + C_2(S_x - S_1)}{S_2 - S_1} =$$

$$= \frac{300 \cdot (345 - 278) + 500 \cdot (278 - 219)}{345 - 219} = 394 \text{ мкг / мл}$$

Массовая доля ноотропила в образце составляет

$$\omega = \frac{C_x \cdot 10^{-6} \cdot V \cdot 100\%}{g} = \frac{394 \cdot 10^{-6} \cdot 250,0 \cdot 100\%}{0,1025} = 96,1\%$$

### 3. Электрохимические методы анализа

Определение дихромата калия в растворе проводили методом кулонометрического титрования с фотометрическим обнаружением конечной точки титрования. В качестве титранта использовались ионы  $\text{Fe}^{2+}$ , электрогенерированные из  $\text{Fe}^{3+}$ . Вычислите молярную концентрацию  $1/6 \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  в растворе, если титрование проводилось при силе тока 0,220 А в течение 25,0 минут. Объём анализируемого раствора равен 25,00 мл.

Согласно закону Фарадея

$$n(f_{\text{экв}} B) = \frac{I \Delta t}{F},$$

где  $I$  – сила тока (А),  $\Delta t$  – время (сек).

В точке эквивалентности  $n(\text{Fe}^{2+}) = n(1/6 \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$ , поэтому

$$C(1/6 \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = \frac{I \Delta t}{FV \cdot 10^{-3}} = \frac{0,220 \cdot 1500}{9,65 \cdot 10^4 \cdot 25,00 \cdot 10^{-3}} = 0,137 \text{ моль/л}$$

### РАЗДЕЛ 3. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Если градуировочный график проходит через начало координат, то величина  $a$  в уравнении градуировочной зависимости  $y = a + bc$ :

- 1) отрицательна;
- 2) равна нулю;
- 3) больше величины  $b$ ;
- 4) называется полезным аналитическим сигналом.

2. Метод добавок обычно используют в том случае, когда:

- 1) зависимость аналитического сигнала от концентрации вещества не является линейной;
- 2) компоненты матрицы оказывают влияние на величину аналитического сигнала;
- 3) значительна величина сигнала контрольного опыта;
- 4) величина аналитического сигнала не зависит от концентрации вещества.

3. Укажите верное утверждение, относящееся к чувствительности аналитической методики:

- 1) имеет размерность мкг/мл;
- 2) представляет собой наименьшее содержание аналита, которое по данной методике можно отличить от сигнала контрольного опыта;
- 3) равна коэффициенту корреляции градуировочной зависимости;
- 4) в абсорбционных спектрометрических методах характеризуется с помощью молярного коэффициента поглощения.

4. Является спектрометрическим метод анализа:

- 1) поляриметрия;
- 2) масс-спектрометрия;
- 3) ионометрия;
- 4) полярография.

5. Электромагнитное излучение с наибольшей длиной волны используется в методе анализа:

- 1) УФ-спектрофотометрия;
- 2) ЯМР-спектрометрия;
- 3) рефрактометрия;
- 4) флуориметрия.

6. Спектр поглощения вещества может представлять собой зависимость оптической плотности раствора от:

- 1) длины волны;
- 2) толщины поглощающего слоя;

- 3) концентрации вещества в растворе;
- 4) пропускания.

7. Интенсивность светового потока, прошедшего через кювету с раствором исследуемого вещества, оказалась в 10 раз меньше интенсивности такого же светового потока, прошедшего через кювету сравнения. Оптическая плотность раствора исследуемого вещества равна:

- 1) 0,100;
- 2) 0,500;
- 3) 1,00;
- 4) 10,0.

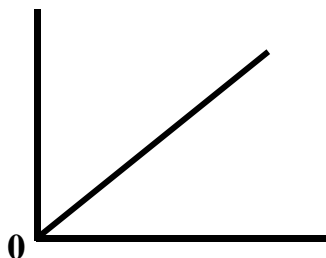
8. Молярный коэффициент поглощения вещества равен 28000, молярная масса – 400 г/моль. Величина удельного показателя поглощения данного вещества составляет:

- 1) 400;
- 2) 700;
- 3) 2800;
- 4) 7000.

9. Укажите все причины, приводящие к кажущимся отклонениям от основного закона светопоглощения: а) различие показателей преломления анализируемого раствора и растворителя; б) влияние рассеянного света; в) использование немонохроматического излучения; г) химические процессы, протекающие в растворе.

- 1) б, в;
- 2) а, б, в;
- 3) а, в, г;
- 4) б, в, г.

10. График, приведенный ниже, отражает зависимость:



- 1) оптической плотности раствора от концентрации;
- 2) пропускания от толщины поглощающего слоя;
- 3) оптической плотности раствора от молярного коэффициента поглощения;
- 4) длины волны электромагнитного излучения от его частоты.

11. Укажите верное утверждение, относящееся к атомно-абсорбционной спектроскопии:

- 1) относится к оптическим методам анализа;
- 2) основана на поглощении электромагнитного излучения термически возбуждёнными атомами;
- 3) используется для количественного определения различных металлов.
- 4) основной метод количественного определения углерода и водорода при элементном анализе органических веществ.

12. Для создания пламени в методе атомно-абсорбционной спектроскопии НЕ ИСПОЛЬЗУЮТ смесь:

- 1) пропана и кислорода;
- 2) ацетилена и оксида азота (I);
- 3) бутана и воздуха;
- 4) оксида азота (I) и воздуха.

13. При электротермической атомизации в атомно-абсорбционной спектроскопии в отличие от пламенной атомизации:

- 1) анализируемая проба может быть твёрдой;
- 2) получение свободных атомов происходит при температуре ниже 1000 °C;
- 3) предел определения, как правило, не превышает 1 мг/мл;
- 4) возможно одновременное определение нескольких элементов в одной пробе.

14. Тонкий стержень, изготовленный из оксидов металлов (циркония, иттрия и др.), применяемый в качестве источника излучения в ИК-спектроскопии, называется:

- 1) глобаром;
- 2) штифтом Нернста;
- 3) болометром;
- 4) термопарой.

15. Электромагнитное излучение с минимальной длиной волны соответствует валентным колебаниям связи:

- 1) C–C;
- 2) C–H;
- 3) C=C;
- 4) C=O.

16. При измерении оптической плотности раствора аскорбиновой кислоты при длине волны 245 нм:

- 1) в качестве источника излучения используют дейтериевую лампу;
- 2) раствор помещают в стеклянную или кварцевую кювету;
- 3) в качестве растворителя нельзя использовать воду, так она сильно поглощает электромагнитное излучение с такой длиной волны;

4) может быть использован как спектрофотометр, так и фотоэлектроколориметр.

17. В качестве экстракционного реагента при экстракционно-фотометрическом определении катионного поверхностно-активного вещества может быть использован:

- 1) метиловый оранжевый;
- 2) бриллиантовый зелёный;
- 3) малахитовый зелёный;
- 4) кристаллический фиолетовый.

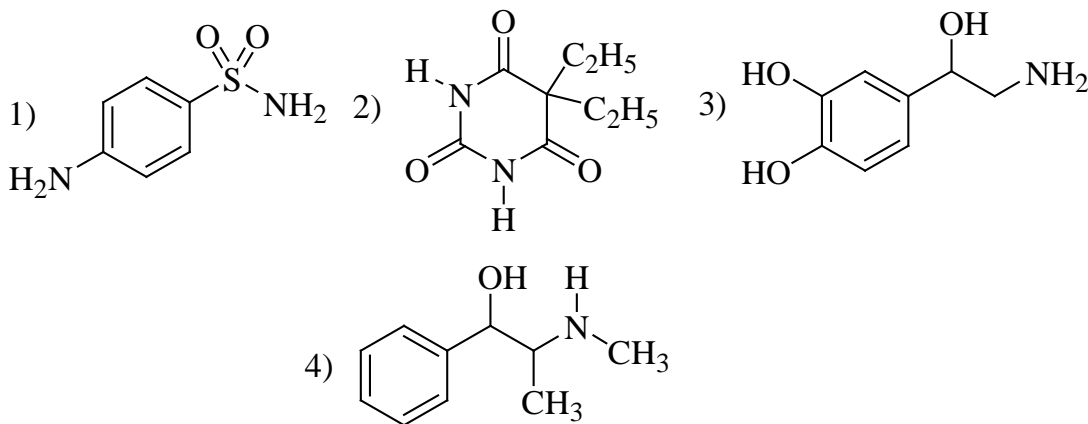
18. На свойстве аддитивности оптической плотности основан метод анализа:

- 1) фотометрическое титрование;
- 2) экстракционная спектрофотометрия;
- 3) многоволновая спектрофотометрия;
- 4) производная спектрофотометрия.

19. Перечислите все возможные преимущества производной спектрофотометрии перед обычной: а) обнаружение скрытых максимумов или минимумов в спектрах поглощения; б) суживание полос поглощения; в) уменьшение фонового сигнала; г) возможность определения веществ, не поглощающих электромагнитное излучение с длинами волн более 200 нм.

- 1) а, б, в, г;
- 2) а, в, г;
- 3) а, б, в;
- 4) б, в, г.

20. Укажите формулу вещества, спектр поглощения которого в диапазоне 200–300 нм, практически не зависит от pH:



21. Укажите источник электромагнитного излучения в атомно-эмиссионном спектрометре:

- 1) дейтериевая лампа;



- 2) лампа с полым катодом;
- 3) ртутная лампа;
- 4) возбуждённые атомы определяемого элемента.

22. Используемый в атомно-эмиссионной спектроскопии атомизатор, состоящий из двух графитовых электродов, между которыми пропускают электрический ток, это:

- 1) электрическая дуга;
- 2) электротермический атомизатор;
- 3) электрическая искра;
- 4) атомизатор с индуктивно связанной плазмой.

23. Пламенную фотометрию обычно используют для количественного определения:

- 1) примесей бора, алюминия и железа в лекарственных средствах;
- 2) остаточных органических растворителей в фармацевтических субстанциях;
- 3) воды в субстанциях лекарственных средств, являющихся кристаллогидратами;
- 4) солей натрия и калия в растворах для инфузий.

24. Электромагнитное излучение является источником возбуждения люминесценции в случае:

- 1) рентгенолюминесценции;
- 2) фотолюминесценции;
- 3) сонолюминесценции;
- 4) триболюминесценции.

25. Спектр флуоресценции – это зависимость интенсивности испускаемого света от:

- 1) длины волны возбуждающего излучения;
- 2) длины волны испускаемого излучения;
- 3) концентрации флуоресцирующего вещества;
- 4) интенсивности возбуждающего излучения.

26. Интенсивность флуоресценции раствора прямо пропорциональна концентрации флуоресцирующего вещества только:

- 1) при малых величинах оптической плотности раствора;
- 2) при больших величинах оптической плотности раствора;
- 3) если флуоресцирующее вещество окрашено;
- 4) если интенсивность флуоресценции зависит от pH.

27. Вторичный монохроматор при измерении флуоресценции пропускает свет с большей длиной волны, чем первичный. Это следует из:

- 1) уравнения Штерна-Фольмера;

- 2) правила Стокса-Ломмеля;
- 3) закона Вавилова;
- 4) независимости спектра флуоресценции от длины волны возбуждающего света.

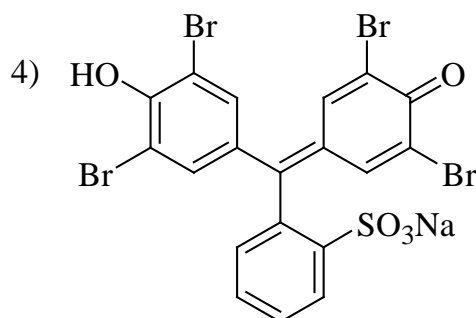
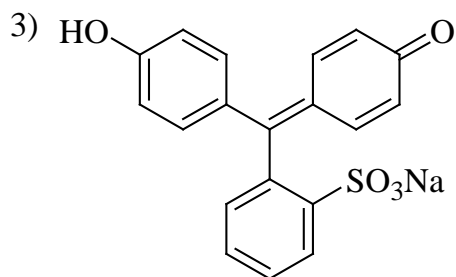
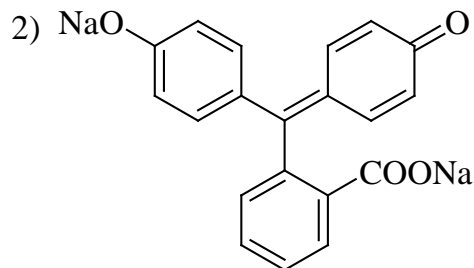
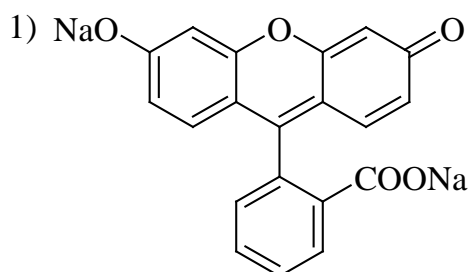
28. Измерение интенсивности флуоресценции обычно проводят под углом  $90^\circ$  по отношению к направлению возбуждающего излучения. Это делается для того, чтобы:

- 1) сместить  $\lambda_{\text{макс}}$  испускаемого излучения в сторону больших длин волн;
- 2) увеличить длительность свечения частиц;
- 3) избежать наложения возбуждающего света на излучаемый;
- 4) увеличить энергетический выход флуоресценции.

29. Перечислите возможные преимущества флуориметрии перед фотометрией: а) универсальность; б) более низкая граница определяемых концентраций; в) избирательность; г) меньшее число факторов, влияющих на величину аналитического сигнала.

- 1) а, б, в, г;
- 2) а, в, г;
- 3) б, в;
- 4) а, в, г.

30. Укажите формулу вещества, обладающего интенсивной флуоресценцией в видимой области спектра при комнатной температуре:



31. В зависимости от агрегатного состояния подвижной фазы хроматография может быть:

- 1) плоскостной;
- 2) сверхкритической флюидной;
- 3) аффинной;
- 4) фронтальной.

32. Хроматография НЕ может быть одновременно:

- 1) колоночной и эксклюзионной;
- 2) жидкостной и элюентной;
- 3) газовой и ионообменной;
- 4) жидкостной и плоскостной.

33. Отрезок нулевой линии, заключенный между крайними точками хроматографического пика, называется:

- 1) базовой линией;
- 2) основанием пика;
- 3) шириной пика;
- 4) полушириной пика.

34. Время удерживания вещества равно 150 сек. Время удерживания несорбируемого вещества – 10 сек. Исправленное время удерживания (сек) вещества равно:

- 1) 15;
- 2) 100;
- 3) 160;
- 4) 140.

35. Время удерживания вещества равно 240 сек. Объёмная скорость подвижной фазы – 1,0 мл/мин. Удерживаемый объём (мл) вещества равен:

- 1) 4,0;
- 2) 1,0;
- 3) 0,24;
- 4) 240.

36. Для вещества, которое в условиях хроматографирования практически не взаимодействует с неподвижной фазой, величина коэффициента ёмкости равна:

- 1) 0;
- 2) 1;
- 3) 10;
- 4)  $\infty$ .

37. При анализе трёхкомпонентной смеси, площади пиков соответствующих веществам А, В и С, оказались равными, соответственно, 100, 300 и 200 единиц. Массовая доля вещества В в анализируемой смеси равна (%):

- 1) 10;
- 2) 30;
- 3) 50;
- 4) 70.

38. Ширина хроматографического пика для вещества со временем удерживания 3,5 мин равна 21 сек. Число теоретических тарелок для данного вещества равно:

- 1) 21;
- 2) 210;
- 3) 555;
- 4) 1600.

39. Время удерживания вещества А равно 200 сек, вещества В – 220 сек. Ширина пика вещества А составляет 10 сек, вещества В – 15 сек. Разрешение ( $R_s$ ) для вещества А и В равно:

- 1) 0,80;
- 2) 1,2;
- 3) 1,6;
- 4) 2,2.

40. Перечислите все верные утверждения относительно влияния различных факторов на размывание хроматографического пика: а) влияние продольной диффузии не зависит от скорости подвижной фазы; б) при увеличении скорости подвижной фазы влияние сопротивления массопереносу увеличивается; в) в жидкостной хроматографии влияние продольной диффузии незначительно; г) при больших скоростях подвижной фазы в газовой хроматографии основным фактором, влияющим на размывание хроматографического пика, является вихревая диффузия.

- 1) б, в;
- 2) а, б, в;
- 3) б, в, г;
- 4) а, в, г.

41. Неподвижной фазой в газовой хроматографии может быть жидкость:

- 1) содержащаяся в порах хроматографической бумаги;
- 2) находящаяся на поверхности твёрдого инертного носителя;
- 3) находящаяся в порах поперечно сшитого декстранового геля;
- 4) которую наливают в хроматографическую колонку.

42. Азот, используемый в качестве подвижной фазы в газовой хроматографии, характеризуется по сравнению с водородом большей:

- 1) стоимостью;
- 2) взрывоопасностью;
- 3) вязкостью;
- 4) теплопроводностью.

43. Преимуществом капиллярной газовой хроматографии перед газовой хроматографией с насадочными колонками является:

- 1) бóльшая эффективность;
- 2) бóльшая чувствительность;
- 3) возможность анализировать пробы большего объёма;
- 4) более низкая стоимость используемых колонок.

44. Укажите газохроматографический детектор, которому соответствуют характеристики – селективный, потоковый, деструктивный:

- 1) катарометр;
- 2) пламенно-ионизационный;
- 3) термоионный;
- 4) электронного захвата.

45. Оптимальным газохроматографическим детектором при определении хлорорганических пестицидов является:

- 1) катарометр;
- 2) атомно-абсорбционный;
- 3) термоионный;
- 4) электронного захвата.

46. В качестве неподвижной фазы в газоадсорбционной хроматографии используют:

- 1) сквалан;
- 2) цеолиты;
- 3) карбоваксы;
- 4) метилсиликон.

47. Полярной неподвижной жидкой фазой, применяемой в газожидкостной хроматографии, является:

- 1) метилсиликон;
- 2) сквалан;
- 3) сорбит;
- 4) апиезоны.

48. Индекс удерживания Ковача для эйкозана равен:

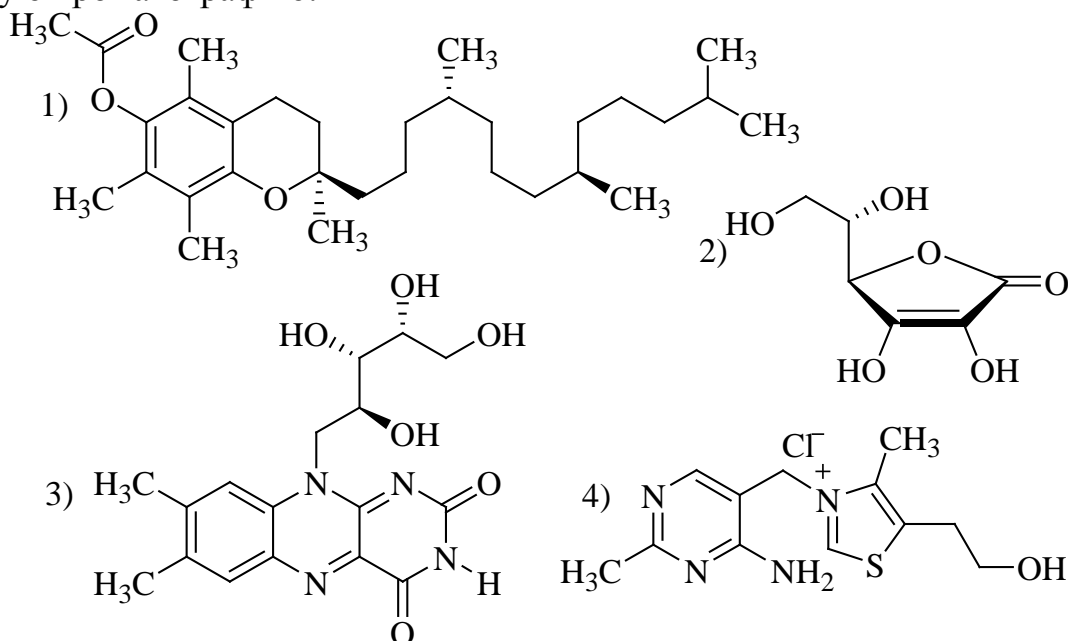
- 1) 1000;
- 2) 1500;
- 3) 1800;
- 4) 2000.

49. Перечислите области применения газовой хроматографии в фармацевтическом анализе: а) определение молекулярной массы биополимеров; б) контроль содержания остаточных органических

растворителей в фармацевтических субстанциях; в) определение хроматографического профиля эфирных масел; г) идентификация и количественное определение примесей тяжёлых металлов в лекарственных средствах.

- 1) б, в;
- 2) а, г;
- 3) а, б, в;
- 4) б, в, г.

50. Укажите формулу лекарственного средства, для количественного определения которого в фармакопейном анализе обычно используют газовую хроматографию:



51. Жидкостный хроматограф в отличие от газового имеет:

- 1) насос;
- 2) детектор;
- 3) хроматографическую колонку;
- 4) систему ввода пробы.

52. Хроматографию, в которой в качестве неподвижной фазы используется силикагель, а в качестве подвижной - смесь гексана и изопропилового спирта (95:5) можно назвать:

- 1) обращённо-фазовой;
- 2) нормально-фазовой;
- 3) ионной;
- 4) гель-хроматографией.

53. Рефрактометрический детектор является оптимальным в случае хроматографического определения:

- 1) фенолов;
- 2) любых окрашенных веществ;

- 3) неорганических катионов и анионов;
- 4) углеводов.

54. Если при хроматографировании вещество движется вместе с фронтом растворителя, то величина  $R_f$  для него равна:

- 1) 0;
- 2) 0,5;
- 3) 1;
- 4)  $\infty$ .

55. Аналитическим сигналом в плоскостной хроматографии, по величине которого может быть проведено количественное определение веществ, является:

- 1) расстояние от линии старта до центра пятна;
- 2) площадь пятна;
- 3) отношение величин  $R_f$ , полученных при разных концентрациях определяемого вещества;
- 4) отношение величин  $R_f$  определяемого вещества и стандарта.

56. Смесь катионов щелочных металлов разделяют с помощью сильнокислотного катионообменника, используя в качестве элюента водный раствор HCl. Укажите последовательность, в которой катионы будут выходить из колонки:

- 1)  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ;
- 2)  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ;
- 3)  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ ;
- 4)  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ .

57. Определение тиамин мононитрата (четвертичная аммониевая соль) в растворе для инъекций можно проводить методом ВЭЖХ при следующих условиях: неподвижная фаза – октадесцилсиликагель; подвижная фаза – смесь метанольного раствора гептансульфоната натрия и триэтиламина, воды и фосфорной кислоты; детектирование – спектрофотометрическое. Данное определение является примером хроматографии:

- 1) ион-парной;
- 2) ионной;
- 3) эксклюзионной;
- 4) аффинной.

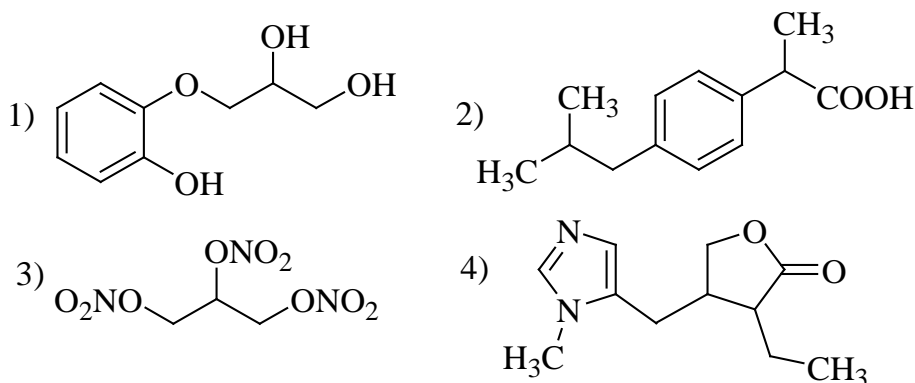
58. Компоненты смеси при их разделении методом эксклюзионной хроматографии выходят из колонки в порядке:

- 1) увеличения молярной массы;
- 2) уменьшения молярной массы;
- 3) увеличения заряда;
- 4) уменьшения химического сродства к неподвижной фазе.

59. Перечислите области применения тонкослойной хроматографии в фармацевтическом анализе: а) идентификация веществ; б) обнаружение сопутствующих примесей в субстанциях органических лекарственных средств; в) определение воды и летучих веществ; г) количественный анализ фармацевтических субстанций.

- 1) б, в;
- 2) а, г;
- 3) а, б, в;
- 4) а, б.

60. Укажите формулу вещества, для обнаружения которого на хроматограмме может быть использован реактив Драгендорфа:



61. Динамическим безэталонным электрохимическим методом анализа является:

- 1) потенциометрия;
- 2) кондуктометрия;
- 3) вольтамперометрия;
- 4) кулонометрия.

62. Укажите верное утверждение, относящееся к хлоридсеребряному электроду:

- 1) потенциал зависит от активности хлорид-ионов;
- 2) используется в качестве индикаторного электрода при кислотно-основном потенциометрическом титровании;
- 3) в трёхэлектродных вольтамперометрических ячейках является вспомогательным электродом;
- 4) относится к активным металлическим электродам первого рода.

63. Прямо пропорционально зависит от концентрации вещества в растворе (в области малых и средних концентраций):

- 1) сопротивление раствора;
- 2) эквивалентная электропроводность;
- 3) удельная электропроводность;
- 4) молярная электропроводность.



64. Сульфидсеребряный электрод, содержащий мембрану, состоящую из спрессованного порошка данного вещества, является примером ионоселективного электрода:

- 1) с жёсткой матрицей;
- 2) с кристаллической мембраной;
- 3) с подвижным переносчиком;
- 4) газового.

65. Конечной точке титрования на второй производной кривой потенциометрического титрования слабой кислоты раствором щелочи соответствует точка:

- 1) перегиба;
- 2) максимума;
- 3) разрыва;
- 4) минимума.

66. В условиях кулонометрического определения 1,00 Кл электричества вызывает окисление до дегидроаскорбиновой кислоты аскорбиновой кислоты ( $M = 176,1$  г/моль) массой (мг):

- 1) 17,6;
- 2) 3,64;
- 3) 1,82;
- 4) 0,912.

67. Перемещение определяемого вещества к индикаторному электроду в процессе вольтамперометрического определения должно происходить путём:

- 1) конвекции;
- 2) миграции;
- 3) миграции и конвекции;
- 4) диффузии.

68. Идентификацию и количественное определение веществ в вольтамперометрии проводят, соответственно, по величинам:

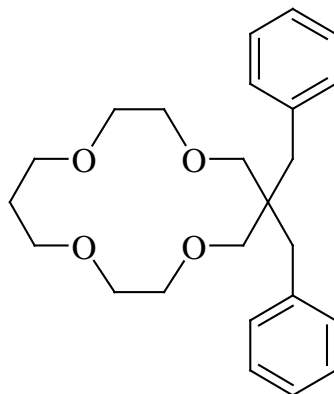
- 1) потенциала полуволны и диффузионного тока;
- 2) диффузионного тока и потенциала полуволны;
- 3) остаточного тока и максимального тока;
- 4) потенциала индикаторного электрода и ЭДМ гальванического элемента.

69. Перечислите индикаторные электроды, используемые в вольтамперометрических методах анализа (в том числе и в полярографии): а) ртутный капающий; б) ртутный плёночный; в) каломельный; г) вращающийся графитовый.

- 1) а, б, в, г;

- 2) а, б, г;
- 3) а, б, в;
- 4) б, в, г.

70. Вещество, формула которого приведена ниже, используется в качестве:



- 1) стандарта для определения постоянной кондуктометрической ячейки;
- 2) источника получения титранта в кулонометрическом титровании;
- 3) нейтрального переносчика в ионоселективном электроде с подвижным носителем;
- 4) первичного стандартного вещества для градуировки стеклянного электрода.

# ОТВЕТЫ

## Тестовые задания

Вопрос Задание	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Часть I</b>										
<b>1-10</b>	2	4	1	2	1	4	3	4	3	3
<b>11-20</b>	2	3	4	1	4	2	1	4	3	2
<b>21-30</b>	4	1	1	3	2	4	1	4	3	2
<b>31-40</b>	3	2	4	4	2	3	4	1	4	1
<b>41-50</b>	1	2	1	4	3	1	3	2	4	2
<b>51-60</b>	3	1	1	4	4	4	2	1	4	1
<b>61-70</b>	2	3	4	3	2	3	4	1	3	4
<b>71-80</b>	2	4	1	4	4	3	2	1	3	3
<b>Часть II</b>										
<b>1-10</b>	4	1	1	3	4	2	1	4	4	3
<b>11-20</b>	2	4	4	1	1	3	2	4	3	2
<b>21-30</b>	3	1	4	4	1	4	3	2	4	3
<b>31-40</b>	1	3	3	1	2	4	1	3	3	4
<b>41-50</b>	3	2	1	3	1	2	4	1	3	4
<b>51-60</b>	1	4	2	3	1	4	2	4	1	4
<b>61-70</b>	2	3	3	2	3	1	1	1	2	1
<b>71-80</b>	1	2	4	1	4	4	1	3	2	3
<b>81-90</b>	1	3	1	2	3	1	2	2	4	4
<b>91-100</b>	2	1	1	2	4	2	1	3	4	3
<b>Часть III</b>										
<b>1-10</b>	2	2	4	1	2	1	3	2	4	1
<b>11-20</b>	3	4	1	2	2	1	1	3	3	4
<b>21-30</b>	4	1	4	1	2	1	2	3	3	1
<b>31-40</b>	2	3	2	4	1	2	3	4	3	1
<b>41-50</b>	2	3	1	3	4	2	3	4	1	1
<b>51-60</b>	1	2	4	3	2	3	1	2	4	4
<b>61-70</b>	4	1	3	2	3	4	4	1	2	3

Примечание: номера вопросов соответствуют последним цифрам заданий

## ГЛОССАРИЙ

### *ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ*

*Химическое равновесие (термодинамический подход)* – состояние системы, при котором её энергия Гиббса не изменяется.

*Химическое равновесие (кинетический подход)* – состояние системы, при котором скорости прямой и обратной реакции равны.

*Константа химического равновесия* – отношение произведения равновесных концентраций находящихся в состоянии равновесия продуктов химической реакции, взятых в степенях, равных их стехиометрическим коэффициентам, к соответствующему произведению равновесных концентраций реагирующих веществ.

*Активность* – такая концентрация вещества в растворе, при использовании которой свойства данного раствора могут быть описаны теми же уравнениями, что и свойства идеального раствора.

*Коэффициент активности* – отношение активности вещества в данном растворе к его концентрации (молярной концентрации, моляльности, молярной доле).

*Ионная сила* – величина, которая учитывает влияние концентрации и заряда всех ионов, присутствующих в растворе, на активность растворённого вещества. Она равна полусумме произведений концентраций ионов на квадрат их заряда.

*Равновесная концентрация* – концентрация определённой формы вещества, участвующего в равновесии.

*Общая концентрация* – сумма равновесных концентраций всех форм существования данного вещества.

*Молярная доля* – отношение равновесной концентрации определённой формы вещества к общей концентрации этого вещества.

*Термодинамическая константа равновесия* – константа химического равновесия, выраженная через активности частиц, принимающих участие в данном равновесии.

*Концентрационная константа равновесия* – константа химического равновесия, выраженная через равновесные концентрации частиц, принимающих участие в данном равновесии.

*Условная константа равновесия* – константа химического равновесия, выраженная через общие концентрации частиц, принимающих участие в данном равновесии.

*Ступенчатая константа равновесия* – константа, характеризующая отдельную ступень многоступенчатого равновесного процесса.

*Общая константа равновесия* – произведение ступенчатых констант для определённого числа ступеней многоступенчатого равновесного процесса.

*Уравнение материального баланса* – уравнение, которое основано на законе сохранения массы и заключается в том, что число атомов определённого элемента (или групп атомов определённого вида) в изолированной системе остаётся неизменным.

*Уравнение электронейтральности* – уравнение, которое основано на том, что в одном и том же объёме суммарное число положительных зарядов должно быть равно суммарному числу отрицательных.

## ПРОТОЛИТИЧЕСКИЕ РАВНОВЕСИЯ

*Кислота (по Брёнстеду)* – частица, способная отдавать протон.

*Основание (по Брёнстеду)* – частица, способная принимать протон.

*Амфолит (по Брёнстеду)* – вещество, которое может проявлять как кислотные, так и основные свойства, причём способности этого соединения выступать в качестве донора и акцептора протона соизмеримы.

*Сопряжённая кислота* – частица, содержащая на один протон больше, чем исходное основание.

*Сопряжённое основание* – частица, содержащая на один протон меньше, чем исходная кислота.

*Константа кислотности* – константа равновесия, характеризующая способность кислоты отдавать протон молекуле растворителя, выступающей в качестве основания.

*Константа основности* – константа равновесия, характеризующая способность основания принимать протон от молекулы растворителя, выступающей в качестве кислоты.

*Протонные растворители* – вещества, в составе молекул которых имеется склонный к ионизации атом водорода.

*Апротонные растворители* – вещества, в составе молекул которых отсутствует склонный к ионизации атом водорода.

*Кислотные растворители* – вещества, у которых преобладают кислотные свойства (по сравнению с водой).

*Основные растворители* – вещества, у которых преобладают основные свойства (по сравнению с водой).

*Амфотерные растворители* – вещества, у которых кислотные и основные свойства выражены приблизительно одинаково.

*Инертные растворители* – вещества, которые практически неспособны принимать участие в кислотно-основном взаимодействии.

*Диэлектрическая проницаемость среды* – безразмерная величина, которая показывает во сколько раз взаимодействие между двумя точечными электрическими зарядами в данной среде слабее, чем в вакууме.

*Автопротолиз растворителя* – процесс кислотно-основного взаимодействия между двумя молекулами растворителя, при котором одна его молекула ведёт себя как кислота, а вторая – как основание.

*Ион лиония* – кислота, сопряжённая с молекулой растворителя.

*Ион лиата* – основание, сопряжённое с молекулой растворителя.

*Нивелирующее действие растворителя* – уравнивание по силе кислот, проявляющих более выраженные кислотные свойства, чем ион лиония (оснований, проявляющих более сильные основные свойства, чем ион лиата); а также очень слабых кислот и оснований.

*Дифференцирующее действие растворителя* – разделение по силе (т.е. по способности отдавать или принимать протон) слабых кислот или оснований.

*Водородный показатель* – отрицательный десятичный логарифм активности (или молярной концентрации) ионов водорода в растворе.

*Буферные растворы* – системы, поддерживающие определённое значение какого-либо параметра (рН, потенциала системы, концентрации катионов металла), при изменении состава системы.

*Кислотно-основные буферные растворы* – системы, сохраняющие примерно постоянным значение рН при добавлении к ним не слишком больших количеств сильной кислоты или основания, а также при разбавлении или концентрировании.

*Буферная ёмкость* – отношение бесконечно малого увеличения концентрации сильной кислоты или сильного основания в растворе (без изменения его объёма) к вызванному этим увеличением изменению рН.

## *РАВНОВЕСИЯ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ*

*Комплекс* – частица, образованная в результате донорно-акцепторного взаимодействия центрального атома (иона), называемого *комплексобразователем*, и заряженных или нейтральных частиц, называемых *лигандами*. Комплексобразователь и лиганды должны самостоятельно существовать в той среде, где происходит реакция комплексобразования.

*Координационное число* – число донорных центров лигандов, с которыми взаимодействует данный центральный атом (ион).

*Дентатность лиганда* – число донорных центров (неподелённых электронных пар либо  $\pi$ -связей) лиганда, участвующих в донорно-акцепторном взаимодействии при образовании комплексной частицы

*Внешнесферные комплексы* – соединения, образующиеся при взаимодействии насыщенных по координационному числу внутрисферных комплексов и любых частиц, находящихся во внешней сфере.

*Хелаты* – циклические комплексные соединения ионов металлов с полидентатными лигандами (обычно органическими), в которых центральный ион металла входит в состав одного или нескольких циклов.

*Внутрикомплексные соединения* – хелаты, при образовании которых выделяются катионы водорода.

*Хелатный эффект* – явление большей устойчивости комплексов катионов металлов с полидентатными лигандами по сравнению с комплексами с аналогичными монодентатными лигандами.

*Кинетически инертные комплексы* – комплексные частицы, образование и разрушение которых происходит медленно (обычно период полупревращения таких комплексов превышает две минуты).

*Константа образования комплекса* (ступенчатая) – константа равновесия, характеризующая процесс присоединения лиганда к частице-комплексобразователю или к комплексу с меньшим числом лигандов.

*Функция закомплексованности* – отношение общей концентрации металла к равновесной концентрации катиона металла, не связанной в комплексы

*Среднее лигандное число* – среднее число лигандов, связанных с ионом металла во всех образующихся при данных условиях комплексах или, для монодентатных лигандов, среднее координационное число центрального иона

*Распределительная диаграмма* – зависимость молярных долей компонентов системы (свободных ионов металла и различных комплексов) от десятичного логарифма равновесной концентрации лиганда.

*Кривая образования комплекса* – зависимость среднего лигандного числа от десятичного логарифма равновесной концентрации лиганда.

*Органические реагенты* – это органические соединения различных классов, применяющиеся для качественного или количественного определения неорганических и органических веществ, а также для разделения, концентрирования, маскирования и других вспомогательных или предварительных операций, предшествующих и сопровождающих определение веществ любыми методами.

*Функционально-аналитическая группировка* – совокупность функциональных групп, превращающая органическое соединение в реагент на определённое вещество или группу веществ.

## **РАВНОВЕСИЯ «ОСАДОК-РАСТВОР»**

*Термодинамическое произведение растворимости* – произведение активностей ионов электролита (в степенях, равных соответствующим стехиометрическим коэффициентам) в его насыщенном растворе.

*Концентрационное произведение растворимости* (реальное) – произведение равновесных концентраций ионов электролита (в степенях, равных соответствующим стехиометрическим коэффициентам) в его насыщенном растворе

*Условное произведение растворимости* – произведение общих концентраций ионов электролита (в степенях, равных соответствующим стехиометрическим коэффициентам) в его насыщенном растворе.

*Растворимость* – общая концентрация вещества в его насыщенном растворе.

*Молекулярная растворимость* – концентрация молекул вещества в его насыщенном растворе.

*Солевой эффект* – явление повышения растворимости малорастворимого электролита при увеличении ионной силы раствора.

*Эффект общего (одноименного) иона* – явление уменьшения растворимости малорастворимого электролита при добавлении к раствору некоторого количества хорошо растворимого электролита, содержащего такой же ион, что и малорастворимый электролит.

## ОКИСЛИТЕЛЬНО\_ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РАВНОВЕСИЯ

*Окислительно-восстановительные реакции* – процессы, при которых происходит обмен электронами между реагирующими веществами.

*Окисление* – процесс отдачи электронов, *восстановление* – процесс присоединения электронов. *Восстановитель* – соединение, отдающее электроны (донор электронов); *окислитель* – соединение, принимающее электроны (акцептор электронов).

*Электрод* – поверхность раздела между проводником электрического тока с электронной проводимостью (например, металлической пластиной) и проводником электрического тока с ионной проводимостью (раствором электролита). В более узком смысле слова электродом часто называют проводник электрического тока с электронной проводимостью.

*Электродный потенциал* – разность потенциалов, возникающая на границе проводников электрического тока с электронной и ионной проводимостью.

*Стандартный электродный потенциал полуреакции* (стандартный восстановительный потенциал) – электродвижущая сила (ЭДС) гальванического элемента, состоящего из находящегося в стандартных условиях электрода, на котором протекает данная полуреакция, и стандартного водородного электрода.

*Формальный электродный потенциал* – потенциал полуреакции, измеренный при условии, что общие концентрации окисленной и восстановленной форм равны 1 моль/л, а концентрации посторонних ионов известны.

*Реальный электродный потенциал* – потенциал при активностях окисленной и восстановленной форм отличных от стандартных.

*ЭДС реакции* – разность электродных потенциалов окислителя, участвующего в прямой реакции, и окисленной формы восстановителя, образующегося в процессе реакции.

## МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ



*Разделение* – любой процесс или операция, в результате которых компоненты, составляющие исходную смесь, отделяются один от другого. Процесс, при котором нужные компоненты выделяют в самостоятельную фазу или часть фазы, называется *выделением*.

*Концентрирование* – процесс или операция повышения содержания определяемого вещества по отношению к матрице или матричным компонентам.

*Коэффициент разделения* – величина, характеризующая эффективность разделения двух веществ. В методах, основанных на различном распределении веществ между двумя фазами, коэффициент разделения равен отношению коэффициентов распределения двух веществ.

*Коэффициент концентрирования* – величина, показывающая во сколько раз изменяется отношение абсолютных количеств микро- и макрокомпонента в концентрате по сравнению с исследуемой матрицей.

*Жидкость-жидкостная экстракция* – метод разделения и концентрирования веществ, основанный на их различном распределении между двумя несмешивающимися жидкими фазами, обычно между водой и органическим растворителем.

*Экстрагент* – жидкая фаза (органический растворитель или их смесь), в которую переходит вещество из водной фазы. Процесс экстракции может сопровождаться образованием новых химических соединений. В таких случаях *экстрагентом* (*экстракционным реагентом*) называют вещество, при взаимодействии с которым образуется экстрагируемое соединение.

*Экстракт* – отделённая органическая фаза, содержащая вещество, экстрагированное из водной фазы.

*Рафинат* – раствор вещества, оставшегося в водной фазе после экстракции.

*Реэкстракция* – процесс обратного извлечения вещества из экстракта в водную фазу.

*Реэкстрагент* – раствор, используемый для извлечения вещества из экстракта.

*Реэкстракт* – отделённая водная фаза, которая содержит вещества, извлечённые из экстракта в результате реэкстракции.

*Концентрационная константа распределения*, или просто *константа распределения* – отношение равновесной концентрации строго определённой формы вещества в органической фазе к равновесной концентрации этой же формы в водной фазе.

*Коэффициент распределения* – отношение суммы равновесных концентраций всех форм существования экстрагируемого вещества в органической фазе к сумме равновесных концентраций всех его форм, находящихся в водной фазе.

*Степень однократной экстракции (степень извлечения)* – доля вещества от его начального количества, экстрагируемая в фазу органического растворителя за одну экстракцию при данных условиях.

*Константа экстракции* – константа химического равновесия реакции, протекающей в ходе экстракционного процесса.

## КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ ТИТРОВАНИЕ

*Аналитический сигнал* – среднее значение результатов измерения физической величины в заключительной стадии анализа, функционально связанное с содержанием (концентрацией) определяемого компонента.

*Эталонные методы анализа* – группа методов анализа, в которых для определения неизвестной концентрации определяемого вещества величину аналитического сигнала сравнивают с величиной, полученной для стандартного образца (или стандартного вещества).

*Безэталонные методы анализа* – группа методов анализа, в которых содержание определяемого вещества рассчитывают непосредственно по величине аналитического сигнала.

*Погрешность результата* – разность между данным результатом и истинным значением измеряемой величины (*абсолютная погрешность*) либо отношение этой разности к истинному значению измеряемой величины (*относительная погрешность*).

*Истинное значение измеряемой величины* – идеальная величина, которую можно достичь, когда устранены все источники погрешностей измерения и выбрана вся генеральная совокупность.

*Неопределённость измерения* – параметр, связанный с результатом измерения и характеризующий разброс значений, которые с достаточным основанием могут быть приписаны измеряемой величине.

*Систематическая погрешность* – вид погрешности, который в ходе измерения одной и той же величины остаётся постоянным или изменяется закономерным образом.

*Случайная погрешность* – вид погрешности, причина которого неизвестна, а величина изменяется от опыта к опыту случайным образом.

*Грубые погрешности (промахи)* – погрешности, резко искажающие результат анализа, делающие его недостоверным, и по величине значительно отличающиеся от ожидаемых.

*Случайная величина* – измеряемая по ходу опыта численная характеристика, принимающая одно и только одно возможное и неизвестное заранее значение вследствие воздействия различных факторов, которые не могут быть заранее учтены.

*Дискретной* называют случайную величину, множество возможных значений которой конечно либо счётно (т.е. может быть пронумеровано натуральными числами).

*Непрерывной* называют случайную величину, которая может принимать все значения из некоторого конечного или бесконечного интервала.

*Выборка* – последовательность независимых одинаково распределённых случайных величин. Выборка, пронумерованная в порядке возрастания, т.е.  $x_1, x_2 \dots x_n$ , называется *вариационным рядом*. Сами значения  $x$  называются *вариантами*, а  $n$  – *объёмом выборки*.

*Выборочное среднее* – сумма всех значений серии наблюдений, делённая на число наблюдений.

*Выборочная дисперсия* (исправленная) – сумма квадратов отклонений, делённая на число степеней свободы.

*Число степеней свободы* – число переменных, которые могут быть присвоены произвольно при характеристике данной выборки ( $f = n - 1$ ).

*Выборочное стандартное отклонение* – положительный квадратный корень из выборочной дисперсии.

*Стандартное отклонение выборочного среднего* – отношение выборочного стандартного отклонения к положительному квадратному корню из числа наблюдений.

*Относительное стандартное отклонение* – отношение выборочного стандартного отклонения к выборочному среднему.

*Доверительный интервал* – область значений случайной величины, вероятность попадания в которую равна принятой доверительной вероятности  $1 - \alpha$ , где  $\alpha$  – уровень значимости (в аналитической практике чаще всего  $\alpha = 0,05$ ).

*Титриметрические методы анализа* – группа методов анализа, основанных на измерении количества реагента (*титранта*), израсходованного для полного протекания реакции с определяемым веществом.

*Титрование* – процесс определения вещества, при котором к нему постепенно добавляют небольшие порции реагента до того момента, пока всё определяемое вещество не вступит в реакцию.

*Точка эквивалентности* (*стехиометричности*) – момент титрования, при котором количество прибавленного титранта становится химически эквивалентным количеству определяемого вещества.

*Конечная точка титрования* (*точка конца титрования*) – момент титрования, при котором изменение свойства системы, связанного с протекающей при титровании реакцией, указывает на достижение эквивалентности.

*Прямое титрование* – способ титрования, при котором титрант добавляют непосредственно к определяемому веществу,

*Реверсивное титрование* – способ титрования, при котором стандартный раствор реагента титруют раствором определяемого вещества.

*Обратное титрование* – способ титрования, при котором к определяемому веществу добавляют точное количество первого титранта,

взятого в заведомом избытке, а после того, как пройдёт реакция, непрореагировавший первый титрант титруют вторым титрантом.

*Титрование заместителя* – способ титрования, при котором вначале проводят стехиометрическую реакцию определяемого вещества со вспомогательным реагентом. Полученный продукт, количество которого эквивалентно количеству определяемого вещества, титруют соответствующим титрантом.

*Косвенное титрование* – способ титрования, при котором определяемое вещество стехиометрически взаимодействует с другим веществом, способным взаимодействовать с титрантом. Само определяемое вещество с титрантом не реагирует.

*Метод отдельных навесок* – способ титриметрического определения, при котором берут несколько навесок анализируемого объекта и каждую растворяют в необходимом объёме растворителя (непосредственно в колбе для титрования), а затем каждый полученный раствор титруют.

*Метод пипетирования* – способ титриметрического определения, при котором навеску берут один раз. Из неё готовят раствор (точный объём). Затем из полученного раствора пипеткой берут несколько равных порций, называемых *аликвотами*, которые титруют.

*Кислотно-основное титрование* – группа титриметрических методов анализа, основанных на протолитических реакциях

*Ацидиметрическое титрование* – метод кислотно-основного титрования, в котором в качестве титранта используется кислота.

*Алкалиметрическое титрование* – метод кислотно-основного титрования, в котором в качестве титранта используется основание (щёлочь).

*Стандартный раствор (титрованный раствор)* – раствор, концентрация активного вещества в котором известна с высокой точностью.

*Первичный стандартный раствор* – вид стандартного раствора, который готовят путём растворения точной навески вещества в определённом объёме растворителя.

*Вторичный стандартный раствор* – вид стандартного раствора, который готовят вначале с приблизительной концентрацией растворённого вещества близкой к требуемой, а затем определяют его точную концентрацию (*стандартизируют*) с помощью стандартного вещества.

*Стандартное вещество* – химический реагент, используемый для стандартизации раствора титранта.

*Первичное стандартное вещество* – высокочистое вещество, используемое для стандартизации титранта либо для приготовления первичного стандартного раствора, который в дальнейшем будет использоваться в качестве самостоятельного титранта.

*Вторичное стандартное вещество* – растворы веществ, способных реагировать с титрантом, концентрация растворённого вещества в которых установлена с помощью первичного стандартного вещества.

*Индикатор* – вещество, видимо изменяющее свои свойства (окраску, люминесценцию, растворимость) при изменении концентрации какого-либо компонента в растворе.

*Кисотно-основные индикаторы* – слабые органические кислоты или основания, кислотная (протонированная) и основная формы которых отличаются по окраске или флуоресценции, т.е. вещества, окраска или флуоресценция которых зависят от pH.

Показатель титрования – значение pH, при котором заканчивают титрование с данным индикатором.

*Смешанный индикатор* – смесь двух индикаторов, имеющих примерно одинаковый интервал перехода окраски, причём окраска одного из индикаторов является дополнительной для окраски другого.

*Контрастный индикатор* – смесь индикатора и вещества, окраска которого не зависит от pH.

*Универсальные индикаторы* – смеси из трёх и более индикаторов, которые обычно используют для количественного определения pH.

*Массовая доля вещества в растворе* – отношение массы растворённого вещества к объёму раствора.

*Массовая концентрация* растворённого вещества – отношение массы растворённого вещества к объёму раствора.

*Титр раствора* – массовая концентрация с размерностью г/мл или мг/мл.

*Титр соответствия (титр по определяемому веществу)* – масса определяемого вещества, взаимодействующего с 1 мл данного раствора титранта.

*Молярная концентрация* растворённого вещества – отношение количества растворённого вещества к объёму раствора.

*Поправочный коэффициент* – отношение реальной молярной концентрации (титра соответствия) к номинальной.

*Кривая титрования* – график зависимости параметра системы, связанного с концентрацией титруемого вещества, титранта или продукта реакции, от степени протекания процесса титрования (например, от количества добавленного титранта).

*Степень оттитрованности* – отношение добавленного объёма раствора титранта к объёму раствора титранта, который следует добавить для достижения точки эквивалентности.

*Скачок титрования* – участок кривой титрования, соответствующий резкому изменению свойств системы (в случае кислотно-основного титрования – резкому изменению pH) вблизи точки эквивалентности.

*Индикаторные погрешности титрования* – систематические погрешности, причиной которых является несовпадение точки эквивалентности и показателя титрования для данного индикатора.

*Водородная индикаторная погрешность* – вид систематической индикаторной погрешности, возникающий в том случае, когда в растворе в конечной точке титрования присутствует избыток ионов  $\text{H}_3\text{O}^+$  по сравнению с точкой эквивалентности: при недотитровании сильной кислоты (отрицательная погрешность) либо, когда сильная кислота используется в качестве титранта и добавлена в избытке (положительная погрешность).

*Гидроксидная индикаторная погрешность* – вид систематической индикаторной погрешности, возникающий в том случае, когда в конечной точке титрования в растворе остаётся больше гидроксид-ионов, чем в точке эквивалентности. Такая погрешность может возникнуть при недотитровании сильного основания (отрицательная погрешность) либо в том случае, когда сильное основание используется в качестве титранта и добавлено в избытке (положительная погрешность).

*Кислотная индикаторная погрешность* – вид систематической индикаторной погрешности, который возникает в том случае, если в конечной точке титрования в растворе остаётся недотитрованная слабая кислота.

*Основная индикаторная погрешность* – вид систематической индикаторной погрешности, который возникает в том случае, если в конечной точке титрования в растворе остаётся недотитрованное слабое основание. Кислотная и основная индикаторные погрешности могут быть только отрицательными.

*Определение азота в органических соединениях методом Кьельдаля* – способ количественного элементного анализа азотсодержащих органических веществ, основанный на минерализации анализируемого вещества серной кислотой, превращении образующихся ионов аммония в аммиак, который отгоняют и поглощают стандартным раствором сильной кислоты или раствором борной кислоты, с последующим алкалометрическим определением избытка сильной кислоты или ацидиметрическим определением образующихся борат-ионов.

*Титрование в неводных средах (неводное титрование, неводная титриметрия)* – совокупность титриметрических методов, в которых средой служит неводный растворитель с небольшим содержанием растворённой воды (менее 0,5%).

## КОМПЛЕКСОМЕТРИЧЕСКОЕ И ОСАДИТЕЛЬНОЕ ТИТРОВАНИЕ

*Комплексометрическое титрование* – группа титриметрических методов анализа, основанных на реакциях образования растворимых в воде комплексных соединений.

*Комплексонометрическое титрование* – титриметрический метод анализа, основанный на образовании хелатов при взаимодействии катионов металлов с комплексонами.

*Комплексоны* – органические соединения, в молекулах которых содержится большое число основных донорных центров и кислотных функциональных групп, расположенных так, что при их взаимодействии с катионами металлов образуются высокоустойчивые внутрикомплексные соединения, содержащие не менее двух циклов.

*Металлоиндикаторы* – вещества, изменяющих окраску (или флуоресценцию) в зависимости от концентрации катионов металла в растворе.

*Металлохромные индикаторы* – разновидность металлоиндикаторов, представляющих собой интенсивно окрашенные органические вещества, образующие с катионами металлов внутрикомплексные соединения, окраска которых отличается от окраски свободного индикатора.

*Металлофлуоресцентные индикаторы* – металлохромные индикаторы, образующие с катионами металлов флуоресцирующие внутрикомплексные соединения.

*Меркуриметрическое титрование* – титриметрический метод анализа, основанный на образовании растворимых комплексных соединений ртути (II).

*Осадительное титрование* – группа титриметрических методов анализа, основанных на реакциях образования малорастворимых соединений, выделяющихся из раствора в виде осадка.

*Аргентометрическое титрование* – титриметрический метод анализа, основанный на образовании малорастворимых соединений серебра.

*Метод Мора* – способ аргентометрического титрования, при котором конечную точку титрования обнаруживают с помощью  $K_2CrO_4$ , образующим с катионом  $Ag^+$  при pH 7–10 осадок  $Ag_2CrO_4$  красного цвета.

*Осадительные индикаторы* – вещества, выделяющиеся из раствора в виде осадка в хорошо заметной форме в точке эквивалентности или вблизи неё.

*Метод Фольгарда* – способ аргентометрического титрования, при котором используют обратное титрование: вначале к анализируемому раствору добавляют точный объём взятого в заведомом избытке стандартного раствора  $AgNO_3$ , а затем непрореагировавший  $AgNO_3$  титруют стандартным раствором  $NH_4SCN$  (или  $KSCN$ ). Конечную точку второго титрования обнаруживают с помощью железоаммонийных квасцов. Титриметрическое определение проводят в присутствии азотной кислоты.

*Тиоцианатометрическое титрование* – титриметрический метод анализа, основанный на образовании малорастворимых тиоцианатов.

*Метод Фаянса* – способ аргентометрического титрования, при котором конечную точку титрования обнаруживают с помощью адсорбционных индикаторов.

*Адсорбционные индикаторы* – вещества, адсорбция которых осадком сопровождается изменением окраски в точке эквивалентности или вблизи неё.

*Ртутрометрическое титрование* – титриметрический метод анализа, основанный на образовании малорастворимых соединений ртути (I).

## ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЕ ТИТРОВАНИЕ

*Окислительно-восстановительное титрование* – группа титриметрических методов анализа, основанных на использовании окислительно-восстановительных реакций.

*Оксидиметрическое титрование* – методы окислительно-восстановительного титрования, в которых титрантами являются окислители.

*Редуктометрическое титрование* – методы окислительно-восстановительного титрования, в которых титрантами являются восстановители.

*Кривая окислительно-восстановительного титрования* – зависимость электродного потенциала системы от степени оттитрованности.

*Окислительно-восстановительные индикаторы* – вещества, способные окисляться или восстанавливаться с изменением окраски в точке эквивалентности либо вблизи неё. Такие индикаторы реагируют не на изменение концентрации определённого вещества, а на изменение потенциала системы.

*Иодометрическое титрование* – титриметрический метод анализа, основанный на определении количества иода, затраченного для реакции с веществом, обладающим восстановительными свойствами, или выделившегося в результате реакции иодида калия с веществом, обладающим окислительными свойствами.

*Определение воды методом Карла Фишера* – способ определения небольших количеств гигроскопической и кристаллизационной воды, основанный на реакции взаимодействия оксида серы (IV) и иода, протекающей только в присутствии воды.

*Реактив Карла Фишера* – смесь растворов иода в безводном метаноле и оксида серы (IV) в безводном пиридине (либо два отдельных раствора).

*Активный хлор* – такой хлор, который выделяется в свободном виде при взаимодействии вещества с хлороводородной кислотой. *Массовая доля (%) активного хлора* в веществе равна массе  $\text{Cl}_2$ , который образуется при взаимодействии 100 г вещества с избытком хлороводородной кислоты. На практике активный хлор определяют как массу хлора, который способен выделить из раствора иодида столько же иода, что и 100 г анализируемого вещества.



*Хлориодометрическое титрование* – титриметрический метод анализа, в котором в качестве титранта используется моноклорид иода.

*Иодное число* – масса иода (г), присоединяющегося к 100 г органического вещества. Характеризует содержание двойных связей в ненасыщенных органических соединениях, например в жирах.

*Иодатометрическое титрование* – титриметрический метод анализа, в котором в качестве титранта используется иодат калия.

*Нитритометрическое титрование* – титриметрический метод анализа, в котором в качестве титранта используется нитрит натрия.

*Броматометрическое титрование* – титриметрический метод анализа, основанный на применении в качестве титранта  $\text{KBrO}_3$ .

*Перманганатометрическое титрование* – титриметрический метод анализа, основанный на использовании в качестве титранта  $\text{KMnO}_4$ .

*Дихроматометрическое титрование* – титриметрический метод анализа, основанный на применении в качестве титранта  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

*Химическое потребление кислорода* – масса кислорода (мг) или окислителя в расчёте на кислород, необходимого для полного окисления органических веществ, содержащихся в 1 л данного образца воды.

*Цериметрическое титрование* – титриметрический метод анализа, основанный на применении в качестве титранта соли  $\text{Ce(IV)}$ , обычно  $\text{Ce(SO}_4)_2$ .

## СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

*Инструментальные методы анализа* – группа методов анализа, в которых для получения аналитической информации используют специальные приборы.

*Метод градуировочного графика* – способ расчёта концентрации вещества, при котором готовится серия стандартных растворов с разными концентрациями вещества, которые считаются точно известными. Затем для каждого приготовленного раствора и раствора с неизвестной концентрацией вещества в одинаковых условиях получают соответствующую величину аналитического сигнала. Рассчитывают уравнение градуировочной зависимости и, подставив в него величину аналитического сигнала для анализируемого раствора, рассчитывают концентрацию определяемого вещества в этом растворе.

*Метод одного стандартного раствора* – способ расчёта концентрации вещества, при котором измеряют величину аналитического сигнала ( $y_{\text{ст}}$ ) для раствора с известной концентрацией вещества ( $c_{\text{ст}}$ ), а затем измеряют величину аналитического сигнала ( $y_x$ ) для раствора с неизвестной концентрацией вещества ( $c_x$ ). Расчёт проводят по формуле:

$$c_x = c_{\text{ст}} \frac{y_x}{y_{\text{ст}}}.$$

*Метод двух стандартных растворов* – способ расчёта концентрации вещества, при котором измеряют величины аналитических сигналов для стандартных растворов с двумя разными концентрациями вещества, одна из которых ( $c_1$ ) меньше предполагаемой неизвестной концентрации ( $c_x$ ), а вторая ( $c_2$ ) – больше. Неизвестную концентрацию рассчитывают по формулам:

$$c_x = \frac{c_2(y_x - y_1) + c_1(y_2 - y_x)}{y_2 - y_1} \text{ или } c_x = c_1 + \frac{(c_2 - c_1)(y_x - y_1)}{y_2 - y_1}.$$

*Расчетный метод добавок* – способ расчёта концентрации вещества, при котором вначале измеряют величину аналитического сигнала для пробы с неизвестной концентрацией вещества ( $y_x$ ). Затем к данной пробе прибавляют некоторое точное количество определяемого вещества (стандарта) и снова измеряют величину аналитического сигнала ( $y_{\text{доб}}$ ). Концентрацию определяемого компонента в анализируемой пробе рассчитывают по формуле:

$$c_x = c_{\text{доб}} \frac{y_x}{y_{\text{доб}} - y_x}.$$

*Графический метод добавок* – способ расчёта концентрации вещества, при котором берут несколько одинаковых порций (аликвот) анализируемой пробы, в одну из них добавку не вносят, а в остальные добавляют различные точные количества определяемого компонента. Для каждой аликвоты измеряют величину аналитического сигнала. Затем получают линейную зависимость величины полученного сигнала от концентрации добавки и экстраполируют её до пересечения с осью абсцисс. Отрезок, отсекаемый этой прямой на оси абсцисс, равен неизвестной концентрации определяемого вещества.

*Воспроизводимость* – степень близости друг к другу независимых результатов измерений при оговоренных условиях.

*Сходимость* – степень согласованности независимых результатов, полученных при использовании одного и того же метода или идентичного анализируемого материала в одинаковых условиях (один и тот же исполнитель, прибор, лаборатория, незначительные временные интервалы между измерениями).

*Повторяемость* – степень согласованности независимых результатов, полученных при использовании одного и того же метода или идентичного анализируемого материала, но при разных условиях (разные исполнители, разные приборы, разные лаборатории и (или) спустя различные интервалы времени).

*Правильность* – отсутствие систематического смещения результатов от действительного значения.

*Предел обнаружения* – наименьшее содержание аналита (масса, концентрация), которое по данной методике с заданной доверительной

вероятностью (обычно 99%) можно отличить от сигнала контрольного опыта. Согласно IUPAC *минимальным обнаруживаемым сигналом* считается такой, который превышает среднее значение сигнала контрольного опыта на 3 стандартных отклонения последнего.

*Предел определения* – наименьшее содержание аналита, которому соответствует аналитический сигнал, превышающий среднее значение сигнала контрольного опыта на 10 стандартных отклонений последнего.

*Диапазон определяемых содержаний* – область содержаний аналита, которая ограничивается *нижней* (НГОС) и *верхней* (ВГОС) *границами определяемых содержаний*. НГОС (ВГОС) считается наименьшее (наибольшее) значение определяемого содержания, которое может быть определено с погрешностью, не превышающей заданную, как правило с  $S_r \leq 0,33$ .

*Чувствительность* – степень изменения аналитического сигнала при изменении количества вещества, обуславливающего появление этого сигнала. *Коэффициент чувствительности* – это значение первой производной градуировочной функции при данном определённом содержании вещества.

*Спектрометрические (спектроскопические) методы анализа* – группа инструментальных методов анализа, основанных на взаимодействии вещества с электромагнитным излучением.

*Длина волны ( $\lambda$ )* – расстояние, которое проходит волна за один период её колебаний, например это расстояние между двумя последовательными максимумами или минимумами.

*Частота ( $\nu$ )* – число колебаний в 1 секунду.

*Волновое число ( $\bar{\nu}$ )* – число полных длин волн, приходящихся на единицу длины в вакууме.

*Монохроматическое излучение* – электромагнитное излучение определённой длины волны (частоты, волнового числа).

*Полихроматическое излучение* – электромагнитное излучение, в котором присутствуют электромагнитные волны с разными длинами волн (частотами, волновыми числами).

*Электромагнитный спектр* – совокупность всех энергий (длин волн, частот) электромагнитного излучения.

*Оптический диапазон (свет)* – диапазон электромагнитного излучения с длинами волн от 200 до 2000 нм, включающий в себя часть ультрафиолетового, видимое и часть инфракрасного излучения.

*Оптические методы анализа* – спектрометрические методы анализа, в которых используется свет.

*Спектр* (спектр поглощения, спектр испускания) – зависимость между энергией квантов электромагнитного излучения и числом квантов, обладающих данной энергией, которые поглощает (испускает) вещество.

*Абсорбционные спектрометрические методы анализа* – методы анализа, основанные на поглощении веществом электромагнитного излучения.

*Эмиссионные спектрометрические методы анализа* – методы анализа, основанные на испускании веществом электромагнитного излучения.

*Основной закон светопоглощения* – количество электромагнитного излучения, поглощённого раствором, прямо пропорционально концентрации поглощающих частиц и толщине слоя.

*Пропускание ( $T$ )* – отношение интенсивности света, прошедшего через поглощающий слой, к интенсивности света, падающего на слой вещества.

*Оптическая плотность ( $A$ )* – десятичный логарифм отношения интенсивности света, падающего на слой вещества, к интенсивности света, прошедшего через поглощающий слой (величины обратной пропусканию).

*Молярный коэффициент (показатель) поглощения ( $\epsilon$ )* – условная величину оптической плотности, которую имел бы раствор с концентрацией поглощающего вещества 1 моль/л, находящийся в кювете с толщиной поглощающего слоя 1 см.

*Удельный коэффициент (показатель) поглощения ( $A_{1\text{см}}^{1\%}$ )* – условная оптическая плотность, которую имел бы раствор с концентрацией поглощающего вещества 1 г/100 мл, находящийся в кювете с толщиной поглощающего слоя 1 см.

*Атомно-абсорбционная спектрометрия* – спектрометрический метод анализа, основанный на измерении поглощения электромагнитного излучения оптического диапазона невозбуждёнными свободными атомами.

*Молекулярная абсорбционная спектрометрия в ультрафиолетовой и видимой областях* – спектрометрический метод анализа, основанный на поглощении молекулами (или аналогичными частицами) электромагнитного излучения УФ- или видимого диапазонов.

*Прямая спектрофотометрия* – вариант спектрофотометрического анализа, при котором измеряют оптическую плотность раствора вещества при длине волны, соответствующей максимальному поглощению, и далее одним из способов определяют концентрацию вещества в этом растворе.

*Фотометрические реакции* – вариант спектрофотометрического анализа, при котором измерению оптической плотности предшествует проведение химической реакции, в которой образуется новое вещество, обладающее более интенсивным поглощением.

*Экстракционная фотометрия* – гибридный метод анализа, в котором проведение фотометрической реакции совмещается с экстракцией образующегося продукта несмешивающимся с водой растворителем.

*Дифференциальная фотометрия* – совокупность фотометрических приёмов, которые были разработаны специально для того, чтобы расширить диапазон определяемых концентраций и уменьшить погрешности измерения слишком малых или слишком больших величин пропускания и оптической плотности.

*Метод отношения пропусканий* – разновидность дифференциальной фотометрии, в которой в качестве раствора сравнения в данном методе применяют раствор с известной концентрацией определяемого вещества, меньшей, чем концентрация данного вещества в анализируемом растворе.

*Многоволновая спектрофотометрия* – спектрометрический метод анализа, заключающийся в измерении оптической плотности смеси при нескольких длинах волн и составлении системы уравнений, включающих неизвестные концентрации компонентов смеси.

*Производная спектрометрия* – спектрометрический метод анализа, в котором аналитическим сигналом служит производная оптической плотности  $n$ -го порядка (обычно по длине волны).

*Фотометрическое титрование* – группа титриметрических методов анализа, в которых конечную точку титрования обнаруживают по изменению оптической плотности раствора.

*ИК-спектрометрия* – спектрометрический метод анализа, основанный на поглощении молекулами электромагнитного излучения инфракрасного диапазона. В классической ИК-спектрометрии используется электромагнитное излучение среднего ИК-диапазона ( $4000\text{--}200\text{ см}^{-1}$ ), в ИК-спектрометрии в ближней ИК-области – излучение с волновыми числами  $10000\text{--}400\text{ см}^{-1}$ .

*Атомно-эмиссионная спектрометрия* – спектрометрический метод анализа, основанный на измерении электромагнитного излучения оптического диапазона, испускаемого термически возбуждёнными свободными атомами или одноатомными ионами.

*Пламенная фотометрия (фотометрия пламени)* – вариант атомно-эмиссионной спектроскопии с пламенной атомизацией.

*Люминесцентная спектрометрия* – группа эмиссионных спектрометрических методов анализа, основанных на явлении люминесценции.

*Люминесценция* – испускание атомами, молекулами и другими более сложными частицами электромагнитного излучения оптического диапазона, возникающее в результате электронного перехода при их возвращении из возбуждённого состояния в основное. В отличие от других видов свечения температура люминесцирующего тела обычно не отличается от температуры окружающей среды.

*Фотолюминесценция* – вид люминесценции, в котором возбуждающим фактором является электромагнитное излучение оптического диапазона.

*Флуоресценция* – излучательный переход между состояниями, имеющими одинаковую мультиплетность.

*Фосфоресценция* – излучательный переход между состояниями, имеющими разную мультиплетность.

## *ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА*

*Хроматография* – метод разделения смесей, а также изучения физико-химических свойств веществ, основанный на различии в скоростях их перемещения в системе несмешивающихся и движущихся друг относительно друга фаз.

*Хроматографические методы анализа* – группа гибридных методов анализа, включающих разделение веществ и их последующее определение при помощи детекторов и системы регистрации аналитического сигнала.

*Элюент* – подвижная фаза в хроматографии (газ, жидкость, сверхкритический флюид).

*Элюат* – подвижная фаза, выходящая из хроматографической колонки. Обычно представляет собой смесь элюента и разделяемых веществ.

*Внутренняя хроматограмма* – расположение разделяемых веществ в виде отдельных зон вдоль хроматографической колонки или на хроматографической пластинке через определённое время.

*Внешняя хроматограмма* – графическое изображение зависимости сигнала детектора от времени хроматографирования, объёма элюента или расстояния, на которое переместилась диаграммная лента.

*Нулевая (базовая) линия* – часть внешней хроматограммы, соответствующая выходу из колонки чистого элюента.

*Хроматографический пик* – часть внешней хроматограммы, соответствующая выходу из колонки элюента вместе с компонентом разделяемой смеси.

*Основание пика* – отрезок нулевой линии, заключённый между крайними точками пика.

*Ширина пика* ( $w$ ) – часть основания пика, заключённая между точками пересечения касательных, проведённых к точкам перегиба на сторонах пика, с нулевой линией.

*Ширина пика на половине высоты* ( $w_{0,5}$ ) – отрезок прямой, проведённой параллельно нулевой линии на половине высоты пика, заключённый между точками её пересечения с касательными.

*Высота пика* ( $h$ ) – расстояние от вершины пика до его основания, измеренное параллельно оси ординат.

*Время удерживания* ( $t_R$ ) – промежуток времени от момента ввода пробы до момента регистрации максимума пика. Время удерживания является суммой времени нахождения вещества в подвижной ( $t_m$ ) и неподвижной ( $t_s$ ).

*Исправленное время удерживания* ( $t'_R$ ) – разность между временами удерживания данного вещества и несорбируемого компонента.

Исправленное время удерживания представляет собой время нахождения вещества в неподвижной фазе.

*Удерживаемый объём* ( $V_R$ ) – объём подвижной фазы, который необходимо пропустить через колонку с определённой скоростью для того, чтобы элюировать вещество. Удерживаемый объём связан со временем удерживания уравнением:

$$V_R = t_R \cdot F ,$$

где  $F$  – объёмная скорость подвижной фазы (мл/мин).

*Исправленный удерживаемый объём* ( $V'_R$ ) – разность между удерживаемым объёмом данного вещества и «мёртвым» объёмом ( $V_m$ ), равным сумме объёмов дозатора, детектора, свободного объёма колонки, а также соединений между ними.

*Коэффициент распределения* ( $D$ ) – отношение равновесной концентрации вещества в неподвижной фазе ( $c_s$ ) к его равновесной концентрации в подвижной фазе ( $c_m$ ). Удерживаемый объём связан с коэффициентом распределения уравнением, называемым *основным уравнением хроматографии*:

$$V_R = V_m + DV_s \text{ (либо } V'_R = DV_s \text{)}.$$

*Фактор удерживания*, или *коэффициент ёмкости колонки* ( $k'$ ) – безразмерная величина, характеризующая удерживание вещества и равная отношению исправленного удерживаемого объёма к «мёртвому» объёму колонки (исправленного времени удерживания к времени нахождения вещества в подвижной фазе).

*Коэффициент разделения* ( $\alpha$ ) – хроматографический параметр, равный отношению исправленных времён удерживания (а также  $V'_R$ ,  $k'$ ,  $D$ ) разделяемых веществ.

*Разрешение* ( $R_S$ ) – хроматографический параметр, характеризующий разделение пиков двух веществ и рассчитываемый как отношение расстояния между максимумами выбранных соседних пиков к полусумме их ширин у основания (выраженных в одних и тех же единицах измерения):

$$R_S = \frac{2(t_{R_2} - t_{R_1})}{w_1 + w_2}.$$

В случае использования ширины пика на половине высоты разрешение рассчитывают по формуле:

$$R_S = \frac{1,18(t_{R_2} - t_{R_1})}{w_{0,5(1)} + w_{0,5(2)}}.$$

*Метод нормировки* – способ расчёта относительного содержания каждого компонента смеси как отношения площади хроматографического пика, соответствующего определённому компоненту смеси, к сумме

площадей всех пиков. Может быть применён лишь в том случае, когда на хроматограмме присутствуют пики всех компонентов смеси.

*Метод внешнего стандарта* – способ расчёта количественного содержания веществ в хроматографии, при котором в качестве аналитического сигнала используется площадь (высота) хроматографического пика, соответствующего определяемому веществу.

*Метод внутреннего стандарта* – способ расчёта количественного содержания веществ, при котором аналитическим сигналом является отношение высот (площадей) пиков определяемого вещества и *внутреннего стандарта* (специально добавляемого к анализируемой пробе в точно измеренном количестве вещества, свойства которого близки к свойствам определяемого вещества).

*Теория тарелок (теория теоретических тарелок)* – модель, описывающая процесс хроматографического разделения веществ и размывания хроматографических зон, согласно которой каждая хроматографическая колонка состоит из некоторого количества одинаковых по величине абстрактных узких слоёв, называемых *теоретическими тарелками*; на каждой тарелке происходит один элементарный акт сорбции-десорбции.

*Эффективность хроматографической системы* – количество ступеней установления равновесия между подвижной и неподвижной фазой в выбранных условиях для данного сорбата, способность к образованию узкой концентрационной зоны индивидуального компонента разделяемой смеси. Эффективность в численном выражении определяется значениями числа теоретических тарелок и высотой, эквивалентной теоретической тарелке.

*Число теоретических тарелок ( $N$ )* – величина, характеризующая качество колонки и рассчитываемая по параметрам удерживания выбранного вещества по формуле:

$$N = k_x \left( \frac{t_R}{w_x} \right)^2,$$

где  $t_R$  – время удерживания,  $k_x$  – коэффициент, величина которого зависит от того, на каком уровне измеряется ширина пика  $w_x$ . Например, при измерении ширины пика у основания для расчёта  $N$  используют формулу:

$$N = 16 \left( \frac{t_R}{w} \right)^2.$$

*Высота, эквивалентная теоретической тарелке ( $H$ )* – величина, характеризующая качество колонки и рассчитываемая как отношение длины колонки ( $L$ ) к числу теоретических тарелок.

*Кинетическая теория хроматографии* – модель, согласно которой размывание хроматографических пиков обусловлено одновременным действием трёх независимых друг от друга процессов: *вихревой диффузии*



(*A*), обусловленной неравномерностью заполнения колонки и движением молекул анализата между частицами сорбента по разным траекториям; *продольной диффузии* (*B*) – перемещения анализата в подвижной фазе из области с большей концентрацией к области с меньшей концентрацией, т.е. из центра хроматографической зоны к её периферии; и *сопротивления массопереносу* (*C*), вызванного определённой скоростью перемещения молекул анализата из подвижной фазы в неподвижную и обратно.

*Уравнение Ван Деемтера* – уравнение, связывающее высоту теоретической тарелки с линейной скоростью подвижной фазы (*u*):

$$H = A + \frac{B}{u} + Cu.$$

*Газовая хроматография* – группа хроматографических методов, в которых подвижная фаза газообразна (находится в состоянии газа или пара).

*Газотвёрдофазная (газоадсорбционная) хроматография* – вариант газовой хроматографии, в которой неподвижной фазой является твёрдое тело (адсорбент).

*Газожидкостная хроматография (ГЖХ)* – вариант газовой хроматографии, в которой неподвижная фаза представляет собой тонкий слой жидкости, нанесённый на твёрдый инертный носитель.

*Газовый хроматограф* – прибор, используемый для разделения и определения веществ в газовой хроматографии.

*Хроматографическая колонка* – трубка, заполненная неподвижной фазой, в которой происходит хроматографическое разделение веществ.

*Насадочная (набивная) колонка* – хроматографическая колонка, представляющая собой изогнутую трубку, изготовленную из стекла, металла или полимера, диаметром 2–4 мм и длиной до 20 м. Сорбент занимает всё пространство внутри такой колонки

*Капиллярная колонка* – хроматографическая колонка, обычно изготовленная из плавленого кварца, диаметром 0,1–1,0 мм и длиной до 100 м. Слой сорбента либо тонкая плёнка неподвижной жидкой фазы расположены только на внутренних стенках капиллярной колонки, центральная часть по сечению у таких колонок остаётся незаполненной.

*Капиллярная газовая хроматография* – вариант газовой хроматографии, в котором используются капиллярные колонки.

*Детектор* – устройство, предназначенное для обнаружения и количественного определения компонентов анализируемой смеси, выходящих из колонки в потоке элюата. В качестве газохроматографических детекторов используют: катарометр, пламенно-ионизационный детектор, термоионный детектор, детектор электронного захвата, масс-спектрометр и др.

*Адсорбент в газоадсорбционной хроматографии* – твёрдое вещество с большой площадью поверхности (графитированная термическая сажа, сополимеры стирола и дивинилбензола, силикагель и др.), на котором

происходит адсорбция компонентов разделяемой смеси. Разделение веществ основано на их различной способности к адсорбции.

*Инертный носитель* – твёрдое вещество (обычно продукт соответствующей обработки диатомита – микроаморфной формы диоксида кремния), на которое наносят неподвижную жидкую фазу в ГЖХ.

*Неподвижная жидкая фаза* – жидкое (при температуре анализа) вещество, используемое в качестве неподвижной фазы в ГЖХ. Может иметь различную химическую природу: углеводороды (сквалан, апиезоны); силиконы (метилсиликоны, фенилсиликоны, фторалкилсиликоны, нитрилсиликоны); спирты и простые эфиры (сорбит, инозит, полиэтиленгликоли /карбоваксы/ и др.); сложные эфиры карбоновых кислот (полиэтиленгликольсебацинат, полиэтиленгликольадипинат, динонилфталат и др.).

*Индекс удерживания Ковача* (логарифмический) – хроматографический параметр, характеризующий удерживание вещества X в колонке неподвижной фазой при определённой температуре относительно двух n-алканов с числом углеродных атомов  $z$  и  $z + 1$ . Рассчитывается путем линейной интерполяции логарифмов исправленных времен удерживания:

$$I = 100 \frac{\lg t'_{R_x} - \lg t'_{R_z}}{\lg t'_{R_{(z+1)}} - \lg t'_{R_z}} + 100z.$$

*Жидкостная хроматография* – группа хроматографических методов, в которых подвижной фазой является жидкость.

*Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ)* – вариант колоночной жидкостной хроматографии, характеризующийся использованием мелкозернистых сорбентов (обычно 3–5 мкм) и высокого давления.

*Жидкостный хроматограф* – прибор, используемый для разделения и определения веществ в высокоэффективной жидкостной хроматографии.

*Нормально-фазовая хроматография* – вариант жидкостной хроматографии, при котором неподвижная фаза более полярна, чем подвижная.

*Обращено-фазовая хроматография* – вариант жидкостной хроматографии, при котором неподвижная фаза менее полярна, чем подвижная.

*Бумажная хроматография* – разновидность плоскостной жидкостной хроматографии, основанная на различии в скорости перемещения компонентов анализируемой смеси по специальной хроматографической бумаге в потоке подвижной фазы.

*Тонкослойная хроматография (ТСХ)* – разновидность плоскостной жидкостной хроматографии, основанная на различии в скорости

перемещения компонентов смеси в плоском тонком слое сорбента при их движении в потоке подвижной фазы.

*Адсорбционная хроматография* – вариант хроматографии, в котором разделение основано на различной сорбируемости компонентов смеси неподвижной фазой.

*Распределительная хроматография* – вариант хроматографии, в котором разделение основано на различной растворимости компонентов смеси в подвижной и неподвижной фазах.

*Ионообменная хроматография* – вариант хроматографии, в котором разделение основано на обратимом взаимодействии заряженных компонентов смеси с ионными группами сорбента (ионообменника).

*Ионообменники (иониты)* – электролиты, у которых один ион является полимерным макроионом, а ионы противоположного знака могут обмениваться на ионы, находящиеся в растворе.

*Катионообменники* – ионообменники, содержащие кислотные группы и способные обмениваться катионами с раствором.

*Анионообменники* – ионообменники, содержащие основные группы и способные обмениваться анионами с раствором.

*Амфотерные ионообменники* – ионообменники, содержащие как кислотные, так и основные группы и способные обмениваться катионами и анионами с раствором.

*Обменная ёмкость* – количество ионов (в ммольях), поглощённых 1 г сухого или 1 мл набухшего ионообменника в  $H^+$ - или  $Cl^-$ -форме при определённых условиях.

*Ионная хроматография* – колоночная ионообменная жидкостная хроматография с кондуктометрическим детектированием.

*Ионпарная хроматография* – вариант жидкостной хроматографии, при котором в подвижную фазу добавляют реагент, в состав которого входит гидрофобный ион, хорошо адсорбирующийся на поверхности неподвижной фазы – силикагеля с привитыми алкильными группами.

*Эксклюзионная хроматография (гель-хроматография)* – вариант хроматографии, в котором разделение основано на различиях в размерах и форме молекул.

*Гели* – твёрдые носители, используемые в эксклюзионной хроматографии. В зависимости от химической структуры и физико-химических свойств различают *мягкие* (сефадексы, агарозные и полиакриламидные гели); *полужёсткие* (сополимеры стирола и дивинилбензола, поливинилацетатные гели) и *жёсткие гели* (силикагели и пористые стёкла).

*Гель-фильтрационная хроматография* – разновидность эксклюзионной хроматографии, в которой используют мягкие гели.

*Гель-проникающая хроматография* – разновидность эксклюзионной хроматографии, в которой используют полужёсткие гели.

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

*Активные металлические электроды* – вид электродов, изготовленных из металла, образующего восстановленную форму окислительно-восстановительной пары. Различают активные *электроды первого рода*, потенциал которых зависит от активности катионов металла; активные *электроды второго рода*, потенциал которых зависит от активности аниона, образующего с катионом металла малорастворимое соединение либо устойчивый комплекс; активные *электроды третьего рода*, потенциалы которых косвенно связаны с активностью определяемого вещества.

*Амперометрическое титрование* – вольтамперометрический метод анализа, в котором обнаружение конечной точки титрования производится по изменению величины диффузионного тока в зависимости от количества добавленного титранта.

*Биамперометрическое титрование* – вид амперометрического титрования, в котором используются два одинаковых индикаторных электрода.

*Вольтамперограмма (полярограмма)* – зависимость силы тока в электролитической ячейке от потенциала погружённого в анализируемый раствор индикаторного микроэлектрода.

*Вольтамперометрия* – совокупность электрохимических методов анализа, основанных на исследовании зависимости силы тока в электролитической ячейке от потенциала погружённого в анализируемый раствор индикаторного микроэлектрода, на котором протекает электрохимическая реакция с участием определяемого вещества.

*Вольтамперометрия с быстрой развёрткой потенциала (хроноамперометрия)* – вольтамперометрический метод анализа, в котором в процессе измерения величина потенциала изменяется по линейному закону с высокой скоростью.

*Время отклика* – промежуток времени, за которое потенциал электрода достигает постоянного значения (обычно 90% от максимальной величины).

*Вспомогательный электрод (противоэлектрод)* – изготовленный из инертного материала электрод, который обеспечивает возможность протекания электрического тока через ячейку.

*Высокочастотная кондуктометрия (осциллометрия)* – группа кондуктометрических методов, в которых используется электрический ток высокой частоты (мегагерцы).

*Газочувствительные электроды* – датчики, состоящие из двух электродов, индикаторного и электрода сравнения, и раствора электролита, находящегося в пластиковой трубке; к нижнему концу

трубки прикрепляется изготовленная из гидрофобного полимера газопроницаемая мембрана, разделяющая внутренний и анализируемый растворы.

*Гальванический элемент* – электрохимическая ячейка, в которой происходит превращение энергии химической реакции в электрическую.

*Динамические электрохимические методы* – электрохимические методы анализа, при проведении которых в цепи протекает электрический ток.

*Дифференциальная импульсная вольтамперометрия* – вольтамперометрический метод анализа, в котором на линейно изменяющееся постоянное напряжение через одинаковые промежутки времени подают одинаковые дополнительные импульсы, а силу тока измеряют до подачи импульса и в его конце.

*Диффузионный потенциал* – потенциал, который возникает в результате неравномерного распределения катионов и анионов вдоль границы раздела растворов двух разных электролитов или растворов разной концентрации одного электролита.

*Диффузионный ток ( $I_d$ )* – разность между предельным и остаточным током.

*Закон Кольрауша*: эквивалентная электропроводность электролита равна сумме предельных эквивалентных электропроводностей ионов, образующихся при его диссоциации.

*Импульсная вольтамперометрия* – вольтамперометрический метод анализа, в котором на линейно изменяющееся постоянное напряжение через одинаковые промежутки времени подают одинаковые дополнительные импульсы, а силу тока измеряют до подачи импульса и в его конце.

*Инверсионная вольтамперометрия* – вольтамперометрический метод анализа, в котором с целью уменьшения нижней границы определяемых концентраций проводится предварительное концентрирование аналита в (на) электроде. Для концентрирования определяемых веществ используют процессы, протекающие как с изменением степени окисления (электрохимическое концентрирование), так и без изменения степени окисления определяемого вещества, например, адсорбционное концентрирование.

*Индикаторный электрод* – электрод, на котором происходят электрохимические процессы, приводящие к возникновению аналитического сигнала.

*Инертные металлические электроды* – вид электродов, изготовленных из химически стойких металлов (платина, золото, иридий и др.), не принимающих участия в электродных реакциях.

*Интервал выполнения электродной функции* – область активностей определяемого вещества (обычно  $10^{-1}$ – $10^{-6}$  М), в которой потенциал электрода линейно зависит от десятичного логарифма активности.

*Иономер* – прибор, позволяющий определять величину рХ (отрицательного логарифма активности иона Х в растворе), в комплекте с соответствующими ионоселективными электродами. Если иономер предназначен для измерения активности только катионов водорода, то его называют *рН-метром*.

*Ионометрия* – прямые потенциометрические измерения, в которых используется ионоселективный электрод.

*Ионоселективные электроды* – сенсоры (чувствительные элементы, датчики), потенциалы которых линейно зависят от логарифма активности определяемого иона в растворе.

*Каломельный электрод* – один из активных металлических электродов второго рода, используемый в качестве электрода сравнения в электрохимических методах анализа. В состав электрода входит ртуть, покрытая пастой, содержащей  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  (каломель) и контактирующая с насыщенным раствором КСl. Потенциал электрода определяется реакцией:  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2 \downarrow + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Hg} \downarrow + 2\text{Cl}^-$ .

*Кинетическая поляризация ( $\eta_t$ )* – вид электрохимической поляризации, который обусловлен медленным переносом электронов на поверхности электродов.

*Компенсационный метод измерения ЭДС* – способ измерения, при котором ЭДС исследуемого элемента компенсируется внешним источником напряжения. В таком методе для измерения ЭДС используется *потенциометр Погендорфа*.

*Кондуктометрическое титрование* – электрохимический метод анализа, основанный на измерении изменения удельной электропроводности раствора в зависимости от количества добавленного титранта.

*Кондуктометрия* – совокупность электрохимических методов анализа, основанных на измерении удельной электропроводности (или сопротивления) растворов электролитов.

*Концентрационная поляризация ( $\eta_c$ )* – вид электрохимической поляризации, который возникает вследствие медленной диффузии вещества из объёма раствора к поверхности электрода и приводит к уменьшению потенциала электрода.

*Косвенные электрохимические методы* – группа электрохимических методов анализа, в которых изменение величины электрического параметра используется для обнаружения конечной точки титрования

*Крутизна градуировочной функции* – величина углового коэффициента в зависимости потенциала электрода от логарифма активности определяемого вещества. Теоретически при 25 °С крутизна градуировочной функции для однозарядных ионов равна 59,16 мВ, для двухзарядных ионов – 29,58 мВ.

*Кулонометр* – электролитическая ячейка, подключаемая последовательно с кулонометрической ячейкой, в которой при замыкании электрической цепи со 100% выходом по току протекает электрохимическая реакция известной стехиометрии. Кулонометры могут быть гравиметрическими, газовыми, титрационными и фотометрическими.

*Кулонометрия* – группа электрохимических методов анализа, основанных на измерении количества электричества, прошедшего через электролитическую ячейку при электрохимическом окислении или восстановлении вещества на рабочем электроде.

*Кулонометрическое титрование* – кулонометрический метод анализа, при котором определяемое вещество непосредственно не участвует в электродной реакции, но взаимодействует с продуктом электролиза.

*Некомпенсационный метод измерения ЭДС* – способ измерения ЭДС с помощью электронного вольтметра с очень большим входным сопротивлением ( $10^{13}$  Ом).

*Объединённый закон Фарадея для электролиза* – зависимость массы ( $m$ , г) вещества, выделившегося при электролизе от его молярной массы ( $M$ , г/моль); числа электронов, принимающих участие в электродной реакции ( $n$ ); силы тока ( $I$ , А) и времени электролиза ( $t$ , сек):

$$m = \frac{M}{nF} Q = \frac{MIt}{nF},$$

где  $F$  – постоянная Фарадея ( $F = 96487$  Кл/моль  $\approx 9,65 \cdot 10^4$  Кл/моль).

*Остаточный ток* – участок вольтамперограммы (полярограммы) от начала её регистрации до начала электрохимической реакции. Появление остаточного тока обусловлено образованием на поверхности ртути двойного электрического слоя, а также восстановлением электроактивных примесей.

*Переменно-токовая вольтамперометрия* – вольтамперометрический метод анализа, в котором одновременно с медленно нарастающим во времени постоянным напряжением в вольтамперометрическую ячейку подается переменное напряжение малой амплитуды (25–30 мВ) и регистрируется зависимость амплитуды переменного тока от напряжения

*Полярографическая волна* – участок полярограммы, соответствующий увеличению тока, вызванному протеканием электрохимической реакции с участием определяемого электроактивного вещества. Волна может быть *катодной*, если вещество восстанавливается, или *анодной*, если оно окисляется.

*Полярографические максимумы* – участки полярограммы, на которых сила тока на которых оказывается больше ожидаемой. Причиной появления *максимумов I рода* является перемешивание раствора в результате движения поверхности капли ртути, вызванного неравномерным распределением величины поверхностного натяжения на ней. *Максимумы II рода* вызваны появлением завихрений внутри капли вследствие слишком быстрого вытекания ртути из капилляра.

*Полярография* – группа вольтамперометрических методов, в которых в качестве индикаторного электрода используются «капающие электроды» (в «классической полярографии» – ртутный капающий электрод).

*Потенциал асимметрии* – разность потенциалов между внутренней и наружной сторонами мембраны, возникающая по причине несовпадения свойств разных её сторон.

*Потенциал полуволны ( $E_{1/2}$ )* – величина потенциала, соответствующая половине высоты волны.

*Потенциометрический коэффициент селективности ( $K_{ij}^{pot}$ )* характеристика ионоселективного электрода, показывающая его селективность к постороннему иону  $i$  по сравнению с ионом-аналитом  $j$ .

*Потенциометрическое титрование* – электрохимический метод анализа, основанный на регистрации изменения потенциала индикаторного электрода в процессе химической реакции между определяемым веществом и титрантом.

*Потенциометрия* – группа электрохимических методов анализа, основанных на измерении зависимости равновесного электродного потенциала от активности определяемого иона.

*Предельная эквивалентная электропроводность ( $\lambda^0$ )* – предельное (ненулевое) значение эквивалентной электропроводности, достигаемое при бесконечном разбавлении раствора.

*Предельный ток* – максимальное значение тока на вольтамперограмме (полярограмме), достигаемое по мере увеличения приложенного напряжения.

*Прямая кондуктометрия* – электрохимический метод анализа, основанный на использовании прямолинейной зависимости между удельной электропроводностью раствора и концентрацией определяемого вещества.



*Прямая кулонометрия* – кулонометрический метод анализа, при котором определяемое вещество вступает в электрохимическую реакцию непосредственно на поверхности электрода.

*Прямая потенциометрия* – электрохимический метод анализа, основанный на измерении величины ЭДС гальванического элемента и нахождении по ней активности (концентрации) определяемого иона.

*Прямые электрохимические методы* – группа электрохимических методов анализа, в которых используется зависимость электрического параметра от концентрации (активности) вещества.

*Рабочий электрод* – индикаторный электрод, который за время измерения оказывает значительное влияние на состав анализируемого раствора.

*Равновесный потенциал* – электродный потенциал, при котором соответствующие электродные реакции термодинамически равновесны. Потенциал равновесного электрода подчиняется уравнению Нернста.

*Статические электрохимические методы* – электрохимические методы анализа, при проведении которых сила тока в цепи равна нулю.

*Твёрдоконтактные электроды* – ионоселективные электроды с подвижными носителями, не содержащие внутреннего жидкостного электрода сравнения. В таких электродах поливинилхлоридная мембрана, содержащая подвижный носитель, нанесена на платиновую, серебряную или медную проволоку.

*Удельная электропроводность раствора ( $\kappa$ ,  $\text{См}\cdot\text{см}^{-1}$ )* – электропроводность слоя раствора длиной 1 см, находящегося между электродами площадью 1  $\text{см}^2$ . В СИ единица измерения удельной электропроводности  $\text{См}\cdot\text{м}^{-1}$ .

*Уравнение Ильковича* – зависимость диффузионного тока от концентрации электроактивного вещества в растворе в классической полярографии:

$$I_d = 607ncD^{1/2}m^{2/3}\tau^{1/6} = Kc,$$

где  $I_d$  – диффузионный ток (мкА);  $n$  – число электронов, участвующих в электродной реакции;  $c$  – концентрация электроактивного вещества (ммоль/л);  $D$  – коэффициент диффузии вещества ( $\text{см}^2/\text{с}$ );  $m$  – скорость вытекания ртути (мг/с);  $\tau$  – время жизни капли (сек);  $K$  – коэффициент пропорциональности.

*Уравнение Нернста* – зависимость электродного потенциала от различных факторов:

$$E_{\text{инд}} = E_{\text{инд}}^0 + \frac{2,303RT}{nF} \lg \frac{a_{\text{Ox}}}{a_{\text{Red}}},$$

где  $E_{\text{инд}}$  – величина реального электродного потенциала;  $E_{\text{инд}}^0$  – величина стандартного электродного потенциала;  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $n$  – число электронов, участвующих в полуреакции;  $F$  – постоянная Фарадея;  $a_{\text{Ох}}$  и  $a_{\text{Red}}$  – активности окисленной и восстановленной форм соответственно.

*Уравнение Никольского-Эйзенмана* – зависимость, описывающая влияние посторонних ионов на величину потенциала ионоселективного электрода:

$$E = E_i^0 \pm S \lg(a_i + K_{ij}^{\text{pot}} a_j^{z_i/z_j}),$$

где  $i$  – ион-аналит (активность –  $a_i$ , заряд –  $z_i$ );  $j$  – мешающий ион (активность –  $a_j$ , заряд –  $z_j$ );  $S$  – крутизна градуировочной функции;  $K_{ij}^{\text{pot}}$  – потенциометрический коэффициент селективности.

*Ферментные электроды* – датчики, в которых ионоселективный электрод покрыт плёнкой, содержащей фермент, способный вызвать реакцию превращения субстрата с образованием веществ, на которые реагирует электрод.

*Хлоридсеребряный электрод* – один из активных металлических электродов второго рода, широко используемый в качестве электрода сравнения в электрохимических методах анализа. Представляет собой серебряную проволоку, покрытую слоем хлорида серебра и помещенную в раствор хлорида калия. Потенциал электрода определяется реакцией:  $\text{AgCl} \downarrow + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Ag} \downarrow + \text{Cl}^-$ .

*ЭДС гальванического элемента* – сумма разности между потенциалами индикаторного электрода и электрода сравнения и диффузионным потенциалом.

*Эквивалентная электропроводность ( $\lambda$ ,  $\text{См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$ )* – электропроводность объёма раствора, содержащего 1 моль эквивалента вещества (фактор эквивалентности равен  $1/z$ , где  $z$  – заряд иона), при условии, что электроды находятся на расстоянии 1 см друг от друга. Аналогичная величина, относящаяся не к эквивалентам, а к формульным единицам веществ, называется *молярной электропроводностью* ( $\Lambda$ ).

*Электрод* – граница раздела, на которой электронный механизм переноса заряда (направленное движение электронов) меняется на ионный (направленное движение ионов). В менее строгом смысле под термином «электрод» часто подразумевают проводник электрического тока с электронной проводимостью.

*Электрод сравнения* – эталон, относительно которого измеряется потенциал индикаторного электрода.

*Электродный потенциал* – разность потенциалов, возникающая на границе проводников электрического тока с электронной и ионной проводимостью.

*Электроды с жёсткой матрицей* – ионоселективные электроды, имеющие стеклянную мембрану, обладающую селективностью по отношению к определённому иону.

*Электроды с кристаллической мембраной* – ионоселективные электроды, содержащие твёрдые мембраны, изготовленные из монокристаллического или поликристаллического (порошкообразного) вещества, малорастворимого в воде и обладающего ионной проводимостью.

*Электроды с подвижными носителями* – ионоселективные электроды, в раствор в органическом растворителе практически нерастворимого в воде и хорошо растворимого в фазе мембраны ионообменника либо нейтрального переносчика удерживается между анализируемым и стандартным растворами с помощью пористого гидрофобного полимерного диска либо введен в инертную полимерную, например поливинилхлоридную, матрицу.

*Электролит* – среда, в которой происходит перенос заряда в результате направленного движения ионов.

*Электролитическая ячейка* – электрохимическая ячейка, в которой происходит электрическая энергия, передаваемая извне, преобразуется в химическую.

*Электропроводность ( $K$ )* – физическая величина, характеризующая способность тела проводить электрический ток и обратно пропорциональная его электрическому сопротивлению.

*Электрохимическая поляризация* – отклонение потенциала электрода от равновесного значения (величины, рассчитанной по уравнению Нернста).

*Электрохимическая ячейка* – система, состоящая из электродов и электролита, контактирующих между собой.

*Электрохимические методы анализа* – группа методов анализа, основанных на использовании процессов, происходящих в электрохимической ячейке.

*Ячейка без жидкостного соединения* – вид электрохимической ячейки, в которой электроды находятся в одном растворе.

*Ячейка с жидкостным соединением* – вид электрохимической ячейки, в котором электроды находятся в разных растворах, контактирующих друг с другом с помощью солевого мостика или через пористую перегородку.

# ЛИТЕРАТУРА

1. Аналитическая химия. Проблемы и подходы: В 2 т.: Пер. с англ. / Под ред. Р. Кельнера [и др.]. – М.: «Мир»: ООО «Издательство АСТ», 2004. – 2 т.
2. Аналитическая химия. Физические и физико-химические методы анализа: Учебник для вузов / А.Ф. Жуков [и др.]; под ред. О.М. Петрухина. – М.: Химия, 2001.
3. Будников, Г.К. Основы современного электрохимического анализа / Г.К. Будников, В.Н. Майстренко, М.Р. Вяселев. – М.: Мир: Бином ЛЗ, 2003.
4. Васильев, В.П. Аналитическая химия: Учеб. для студ. вузов, обуч. по хим.-технол. спец.: в 2 кн. / В.П. Васильев. – 5-е изд., стер. – М.: Дрофа. – 2005. – 2 кн.
5. Государственная фармакопея Республики Беларусь. В 3 т. Т. 1. Общие методы контроля качества лекарственных средств / Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении; под общ. ред. Г.В. Годовальникова. – Минск: Минский государственный ПТК полиграфии, 2006.
6. Государственная фармакопея Республики Беларусь. В 3 т. Т. 3. Контроль качества фармацевтических субстанций / Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении; под общ. ред. А.А. Шерякова. – Молодечно: «Типография «Победа», 2009.
7. Дамаскин, Б.Б. Электрохимия: Учебник для вузов / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. – М.: Химия, 2001.
8. Жебентяев, А.И. Аналитическая химия. Химические методы анализа: учеб. пособие / А.И. Жебентяев, А.К. Жерносек, И.Е. Талуть. – М.: Новое знание; Минск: Новое знание, 2010. (2-е изд. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2011).
9. Жебентяев, А.И. Аналитическая химия. Хроматографические методы анализа: учебн. пособие / А.И. Жебентяев. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. – 206 с.: ил. – (Высшее образование).
10. Жерносек, А.К. Аналитическая химия для будущих провизоров. Часть 1. Учебное пособие / А.К. Жерносек, И.Е. Талуть; Под ред. А.И. Жебентяева. – Витебск, ВГМУ, 2003.
11. Корыта, И. Ионоселективные электроды: Пер. с чешск. / И. Корыта, К. Штулик; под ред. О.М. Петрухина. – М.: Мир, 1989.
12. Кристиан, Г. Аналитическая химия: в 2 т. / Г. Кристиан. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.
13. Лурье, Ю.Ю. Справочник по аналитической химии / Ю.Ю. Лурье. – 6-е изд. – М.: Химия, 1989.

14. Основы аналитической химии. В 2 кн. Учеб. для вузов / Ю.А. Золотов [и др.]; под ред. Ю.А. Золотова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2004.
15. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы: Учеб. пособие для вузов / В.И. Фадеева [и др.]; под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высш. шк., 2002.
16. Основы аналитической химии. Практическое руководство / В.И. Фадеева [и др.]; Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высш. шк., 2001.
17. Отто, М. Современные методы аналитической химии (в 2-х томах) / М. Отто. – М.: Техносфера, 2003.
18. Хенце, Г. Полярография и вольтамперометрия. Теоретические основы и аналитическая практика: Пер. с нем. / Г. Хенце. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
19. Электроаналитические методы. Теория и практика: Пер. с англ. / Под ред. Ф. Шольца. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.
20. Harvey, D. Modern analytical chemistry / D. Harvey. – McGraw Hill, 2000.
21. Rouessac, F. Chemical analysis: modern instrumentation and methods and techniques / F. Rouessac, A. Rouessac. – 2nd ed. – John Wiley&Sons, Ltd., 2007.
22. Wang, J. Analytical electrochemistry / J. Wang. – 2nd ed. – Wiley VCH, 2000.

# ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Значения коэффициента  $a$  в расширенном уравнении Дебая-Хюккеля

Ионы	$a$ , Å
$\text{Al}^{3+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Cr}^{3+}$ , $\text{H}_3\text{O}^+$	9
$\text{Mg}^{2+}$	8
$\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Li}^+$	6
$\text{Sr}^{2+}$ , $\text{Ba}^{2+}$ , $\text{Hg}^{2+}$	5
$\text{Na}^+$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{IO}_3^-$ , $\text{CrO}_4^{2-}$	4
$\text{K}^+$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{Br}^-$ , $\text{I}^-$ , $\text{OH}^-$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{HCOO}^-$ , $\text{ClO}_3^-$ , $\text{BrO}_3^-$	3
$\text{NH}_4^+$ , $\text{Ag}^+$	2,5

Таблица 2

Величины  $K_a$  и  $pK_a$  кислот (водные растворы)

Кислота		$K_a$	$pK_a$	Сопряжённое основание
щавелевая	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	1,25	$\text{HC}_2\text{O}_4^-$
фосфорная	$\text{H}_3\text{PO}_4$	$7,1 \cdot 10^{-3}$	2,15	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$
салициловая	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COOH}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	2,97	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COO}^-$
лимонная	$\text{H}_3\text{X}$	$7,1 \cdot 10^{-4}$	3,13	$\text{H}_2\text{X}^-$
фтороводородная	$\text{HF}$	$6,1 \cdot 10^{-4}$	3,21	$\text{F}^-$
муравьиная	$\text{HCOOH}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	3,75	$\text{HCOO}^-$
бензойная	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	4,2	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$
гидрооксалат-ион	$\text{HC}_2\text{O}_4^-$	$5,4 \cdot 10^{-5}$	4,27	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$
дигидроцитрат-ион	$\text{H}_2\text{X}^-$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	4,66	$\text{HX}^{2-}$
уксусная	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$1,75 \cdot 10^{-5}$	4,76	$\text{CH}_3\text{COO}^-$
угольная	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$4,5 \cdot 10^{-7}$	6,35	$\text{HCO}_3^-$
гидроцитрат-ион	$\text{HX}^{2-}$	$4,0 \cdot 10^{-7}$	6,40	$\text{X}^{3-}$
сероводородная	$\text{H}_2\text{S}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$	6,99	$\text{HS}^-$
дигидрофосфат-ион	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$6,1 \cdot 10^{-8}$	7,21	$\text{HPO}_4^{2-}$
борная	$\text{H}_3\text{BO}_3$	$5,75 \cdot 10^{-10}$	9,24	$[\text{B}(\text{OH})_4]^-$
катион аммония	$\text{NH}_4^+$	$5,75 \cdot 10^{-10}$	9,24	$\text{NH}_3$
циановодородная	$\text{HCN}$	$5,0 \cdot 10^{-10}$	9,3	$\text{CN}^-$

гидрокарбонат-ион	$\text{HCO}_3^-$	$4,8 \cdot 10^{-11}$	10,32	$\text{CO}_3^{2-}$
гидрофосфат-ион	$\text{HPO}_4^{2-}$	$5,0 \cdot 10^{-13}$	12,3	$\text{PO}_4^{3-}$
гидросульфид-ион	$\text{HS}^-$	$2,5 \cdot 10^{-13}$	12,6	$\text{S}^{2-}$

Таблица 3

## Общие константы образования комплексов

Соединение	$\lg \beta_n$	$\beta_n$	$I$	Соединение	$\lg \beta_n$	$\beta_n$	$I$
<b>аммиакаты</b>				<b>галогенидные</b>			
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$	7,23	$1,7 \cdot 10^7$	0	$[\text{AgBr}]$	4,38	$2,4 \cdot 10^4$	0
$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	6,56	$3,6 \cdot 10^6$	0	$[\text{AgBr}_2]^-$	7,34	$2,2 \cdot 10^7$	0
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	5,07	$1,2 \cdot 10^5$	0	$[\text{AgCl}]$	3,04	$1,1 \cdot 10^3$	0
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	12,03	$1,07 \cdot 10^{12}$	0	$[\text{AgCl}_2]^-$	5,04	$1,1 \cdot 10^5$	0
$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	9,08	$1,2 \cdot 10^9$	0	$[\text{AgI}]$	6,58	$3,8 \cdot 10^6$	0
$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	7,47	$3,0 \cdot 10^8$	0	$[\text{AgI}_2]^-$	11,74	$5,5 \cdot 10^{11}$	0
<b>гидроксокомплексы</b>				$[\text{AlF}_6]^{3-}$	20,67	$4,7 \cdot 10^{20}$	0
$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$	14,8	$6,3 \cdot 10^1$	0	$[\text{FeF}_6]^{3-}$	16,1	$1,3 \cdot 10^{16}$	0
$[\text{Cr}(\text{OH})_4]^-$	28,6	$4,0 \cdot 10^2$	0	$[\text{HgBr}_2]$	17,33	$2,1 \cdot 10^{17}$	0,5
$[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$	33	$1 \cdot 10^{33}$	0	$[\text{HgCl}_2]$	13,22	$1,7 \cdot 10^{13}$	0
$[\text{Fe}(\text{OH})_4]^-$	34,4	$2,5 \cdot 10^3$	0	$[\text{HgI}_2]$	23,82	$6,6 \cdot 10^{23}$	0,5
<b>цианидные и тиоцианатные</b>				<b>комплексы с ЭДТА</b>			
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	36,9	$7,9 \cdot 10^3$	0	$\text{BaY}^{2-}$	7,8	$6,3 \cdot 10^7$	0,1
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$	43,9	$7,9 \cdot 10^4$	0	$\text{MgY}^{2-}$	8,7	$5,0 \cdot 10^8$	0,1
$[\text{AgSCN}]$	4,75	$5,6 \cdot 10^4$	0	$\text{CaY}^{2-}$	10,7	$5,0 \cdot 10^{10}$	0,1
$[\text{Ag}(\text{SCN})_2]^-$	8,23	$1,7 \cdot 10^8$	0	$\text{FeY}^{2-}$	14,3	$2,0 \cdot 10^{14}$	0,1
$[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$	3,01	$1,0 \cdot 10^3$	0	$\text{AlY}^-$	16,1	$1,3 \cdot 10^{16}$	0,1
$[\text{Fe}(\text{SCN})_3]$	4,63	$4,3 \cdot 10^4$	0	$\text{ZnY}^{2-}$	16,5	$3,2 \cdot 10^{16}$	0,1

$[\text{Cu}(\text{SCN})_4]^{2-}$	6,52	$3,3 \cdot 10^6$	0	$\text{PbY}^{2-}$	18,0	$1,0 \cdot 10^{18}$	0,1
другие				$\text{NiY}^{2-}$	18,6	$4,0 \cdot 10^{18}$	0,1
$[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{2-}$	13,46	$2,88 \cdot 10^{13}$		$\text{BiY}^-$	27,9	$7,9 \cdot 10^{27}$	0,1

Таблица 4

**Значения термодинамических произведений растворимости**

Гидроксиды	Галогениды	Карбонаты	Сульфиды	Фосфаты
<b>Cr(OH)<sub>3</sub></b> $6,3 \cdot 10^{-31}$	<b>AgCl</b> $1,8 \cdot 10^{-10}$	<b>BaCO<sub>3</sub></b> $4,0 \cdot 10^{-10}$	<b>Ag<sub>2</sub>S</b> $6,3 \cdot 10^{-20}$	<b>Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></b> $1,3 \cdot 10^{-20}$
<b>Cu(OH)<sub>2</sub></b> $8,3 \cdot 10^{-20}$	<b>AgBr</b> $5,3 \cdot 10^{-13}$	<b>CaCO<sub>3</sub></b> $3,8 \cdot 10^{-9}$	<b>CuS</b> $6,3 \cdot 10^{-36}$	<b>Ba<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub></b> $6 \cdot 10^{-39}$
<b>Fe(OH)<sub>3</sub></b> $6,3 \cdot 10^{-38}$	<b>AgI</b> $8,3 \cdot 10^{-17}$	<b>PbCO<sub>3</sub></b> $7,5 \cdot 10^{-14}$	<b>FeS</b> $5 \cdot 10^{-18}$	<b>Mg<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub></b> $1 \cdot 10^{-13}$
<b>Mg(OH)<sub>2</sub></b> $6,0 \cdot 10^{-10}$	<b>CaF<sub>2</sub></b> $4,0 \cdot 10^{-11}$	<b>SrCO<sub>3</sub></b> $1,1 \cdot 10^{-10}$	<b>HgS</b> $1,6 \cdot 10^{-52}$	<b>Pb<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub></b> $7,9 \cdot 10^{-43}$
<b>Ni(OH)<sub>2</sub></b> $2,0 \cdot 10^{-15}$	<b>Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub></b> $1,3 \cdot 10^{-18}$	<b>ZnCO<sub>3</sub></b> $1,45 \cdot 10^{-11}$	<b>MnS</b> $2,5 \cdot 10^{-10}$	<b>Sr<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub></b> $1 \cdot 10^{-31}$
<b>Zn(OH)<sub>2</sub></b> $1,4 \cdot 10^{-17}$	<b>CuI</b> $1,1 \cdot 10^{-12}$		<b>ZnS</b> $2,5 \cdot 10^{-22}$	<b>Zn<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub></b> $9,1 \cdot 10^{-33}$



Оксалаты	Сульфаты	Цианиды	Хроматы	Другие
<b>BaC<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b> 1,1·10 <sup>-7</sup>	<b>BaSO<sub>4</sub></b> 1,1·10 <sup>-10</sup>	<b>AgCN</b> 1,4·10 <sup>-16</sup>	<b>Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub></b> 1,1·10 <sup>-12</sup>	<b>AgSCN</b> 1,1·10 <sup>-12</sup>
<b>CaC<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b> 2,3·10 <sup>-9</sup>	<b>CaSO<sub>4</sub></b> 2,5·10 <sup>-5</sup>	<b>Zn(CN)<sub>2</sub></b> 2,6·10 <sup>-13</sup>	<b>BaCrO<sub>4</sub></b> 1,2·10 <sup>-10</sup>	<b>Ba(BrO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b> 5,5·10 <sup>-6</sup>
<b>PbC<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b> 4,8·10 <sup>-10</sup>	<b>PbSO<sub>4</sub></b> 1,6·10 <sup>-8</sup>		<b>CaCrO<sub>4</sub></b> 7,1·10 <sup>-4</sup>	<b>Ba(IO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b> 1,5·10 <sup>-9</sup>
<b>ZnC<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b> 2,75·10 <sup>-8</sup>	<b>SrSO<sub>4</sub></b> 3,2·10 <sup>-7</sup>		<b>SrCrO<sub>4</sub></b> 3,6·10 <sup>-5</sup>	<b>NaIO<sub>4</sub></b> 3·10 <sup>-3</sup>

Таблица 5

## Значения стандартных электродных потенциалов некоторых полуреакций

Ox	nē	Red	E <sup>0</sup> , В	Ox	nē	Red	E <sup>0</sup> , В
Ag <sup>+</sup>	1	Ag↓	+0,79 94	Cu <sup>2+</sup>	2	Cu↓	+0,34 5
AgBr↓	1	Ag↓+Br <sup>-</sup>	+0,07 1	Cu <sup>2+</sup> +I <sup>-</sup>	1	CuI↓	+0,86
AgCl↓	1	Ag↓+Cl <sup>-</sup>	+0,22 2	Fe <sup>2+</sup>	2	Fe↓	— 0,473
AgI↓	1	Ag↓+I <sup>-</sup>	— 0,152	Fe <sup>3+</sup>	1	Fe <sup>2+</sup>	+0,77 1
Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	1	Ag↓+2N H <sub>3</sub> <sup>+</sup>	+0,37 3	Fe(CN) <sub>6</sub> 3-	1	Fe(CN) <sub>6</sub> 4-	+0,36 4
Al <sup>3+</sup>	3	Al↓	-1,66	I <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2	3I <sup>-</sup>	+0,54 5
Al(OH) <sub>3</sub>	3	Al↓+3OH <sup>-</sup>	-2,29	2ICl↑	2	I <sub>2</sub> +2Cl <sup>-</sup>	+1,19
Br <sub>2</sub>	2	2Br <sup>-</sup>	+1,08 7	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +6H <sup>+</sup>	6	I <sup>-</sup> +3H <sub>2</sub> O	+1,08
BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +6H <sup>+</sup>	6	Br <sup>-</sup> +3H <sub>2</sub> O	+1,45	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> +8H <sup>+</sup>	5	Mn <sup>2+</sup> +4 H <sub>2</sub> O	+1,51
Ce <sup>4+</sup>	1	Ce <sup>3+</sup>	+1,77	S <sub>4</sub> O <sub>6</sub> <sup>2-</sup>	2	2S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	+0,09
Cl <sub>2</sub> ↑	2	2Cl <sup>-</sup>	+1,35 9	S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> <sup>2-</sup>	2	2SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	+2,01
Cr <sup>3+</sup>	1	Cr <sup>2+</sup>	-0,41	Sn <sup>4+</sup>	2	Sn <sup>2+</sup>	+0,15
Cr <sup>2+</sup>	2	Cr	-0,91	Zn <sup>2+</sup>	2	Zn↓	— 0,764
Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> +14H <sup>+</sup>	6	2Cr <sup>3+</sup> +7H <sub>2</sub> O	+1,33	Zn(OH) <sub>2</sub>	2	Zn↓+2O H <sup>-</sup>	— 1,245

Таблица 6

## Критические значения Q

n	Числовые значения для Q при степени риска α		
	α = 0,10	α = 0,05	α = 0,01

3	0,87	0,94	0,99
4	0,68	0,77	0,89
5	0,56	0,64	0,76
6	0,48	0,56	0,70
7	0,43	0,51	0,64

Таблица 7

Критические значения  $F (\alpha = 0,05)$

$f_2$	$f_1$ = 1	2	3	4	5	6	8	10	20	$\infty$
1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	6	0	1	2	3	3	3	4	4	5
	1	0	6	5	0	4	9	2	8	4
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	8,5	9,0	9,1	9,2	9,3	9,3	9,3	9,3	9,4	9,5
	1	0	6	5	0	3	7	9	4	0
3	1	9,0	9,2	9,1	9,0	8,9	8,8	8,7	8,6	8,5
	1	5	8	2	1	4	4	8	6	3
	3									
4	7,7	6,9	6,5	6,3	6,2	6,1	6,0	5,9	5,8	5,6
	1	4	9	9	6	6	4	6	0	3
5	6,6	5,7	5,4	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7	4,5	4,3
	1	9	1	9	5	5	2	4	6	6
6	5,9	5,1	4,7	4,5	4,3	4,2	4,1	4,0	3,8	3,6
	9	4	6	3	9	8	5	6	7	7
7	5,5	4,7	4,3	4,1	3,9	3,8	3,7	3,6	3,4	3,2
	9	4	5	2	7	7	3	3	4	3
8	5,3	4,4	4,0	3,8	3,6	3,5	3,4	3,3	3,1	2,9
	2	6	7	4	9	8	4	4	5	3
9	5,2	4,3	3,9	3,7	3,5	3,4	3,3	3,2	2,9	2,7
	1	2	8	6	4	3	2	1	9	7
	2	6	6	3	8	7	3	3	3	1
10	4,9	4,1	3,7	3,5	3,3	3,2	3,1	2,9	2,7	2,5
	6	0	1	8	3	2	7	7	7	4
15	4,5	3,6	3,2	3,0	2,9	2,7	2,6	2,5	2,3	2,0
	4	8	9	6	0	9	4	5	3	7
20	4,3	3,5	3,1	2,9	2,7	2,6	2,5	2,4	2,2	1,9

$f_2$	$f_1$ = 1	2	3	4	5	6	8	1 0	2 0	$\infty$
0	3	4	1	8	7	6	4	3	1	8
4	5	9	0	7	1	0	5	5	2	4
0	4, 0	3, 2	2, 8	2, 6	2, 4	2, 3	2, 1	2, 0	1, 8	1, 5
6	8	3	4	1	5	4	8	7	4	1
0	4, 0	3, 1	2, 7	2, 5	2, 3	2, 2	2, 1	1, 9	1, 7	1, 3
$\infty$	0 3, 8 4	5 2, 9 9	6 2, 6 0	2 2, 3 7	7 2, 2 1	5 2, 0 9	0 1, 9 4	9 1, 8 3	5 1, 5 7	9 1, 0 0

Таблица 8

**Коэффициенты  $t$  распределения Стьюдента**

Число степеней свободы $f$	Уровень значимости $\alpha$			
	0,90	0,95	0,98	0,99
1	6,31	12,7	31,8	63,66
2	2,92	4,30	6,97	9,93
3	2,35	3,18	4,54	5,84
4	2,13	2,78	3,75	4,60
5	2,02	2,57	3,37	4,03
6	1,94	2,45	3,14	3,71
7	1,90	2,37	3,00	3,50
8	1,86	2,31	2,90	3,36
9	1,83	2,26	2,82	3,25
10	1,81	2,23	2,76	3,17
11	1,80	2,20	2,72	3,11
12	1,78	2,18	2,68	3,06
13	1,77	2,16	2,65	3,01
14	1,76	2,15	2,62	2,98
15	1,75	2,13	2,60	2,95
$\infty$	1,66	1,96	2,33	2,58